Sukis Wariyono Yani Muharomah

Mari Belajar

Ilmu Alam Sekitar

Panduan Belajar IPA Terpadu

Untuk Kelas VIII SMP/MTs

PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Mari Belajar Ilmu Alam Sekitar 2

Untuk Kelas VIII SMP dan MTs.

Oleh:
Sukis Wariyono
Yani Muharomah

Editor:
Indratno

Setting & Layout:
Tim

Designer Sampul & Ilustrator
Risa Ardiyanto

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

500.07
SUK SUKIS Wariyono
m Mari Belajar Ilmu Alam Sekitar 2 : Panduan Belajar IPA Terpadu
Untuk Kelas VIII SMP/MTs / Oleh Sukis Wariyono, Yani Muharomah ;
Editor Indratno. — Jakarta : Pusat Perbukuan,
Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vii, 288 hlm. : ilus. ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 281
Indeks : hlm.
ISBN 978-979-069-100-2 (nomor jilid lengkap)
ISBN 978-979-069-102-6

1. Sains-Studi dan Pengajaran I. Judul II. Yani Muharomah
III. Indratno

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2009

diperbanyak oleh ......

Kata Sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2008, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 69 Tahun 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*down load*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Februari 2009
Kepala Pusat Perbukuan

Kata Pengantar

Buku berjudul "Mari Belajar Ilmu Alam dan Sekitar" bertujuan mengajakmu mempelajari keadaan alam di sekitarmu. Buku ini disusun secara sederhana, tetapi tanpa meninggalkan kebenaran materi yang harus kamu capai. Dengan kesederhanaan itulah diharapkan dapat membantumu dalam proses pembelajaran IPA secara terpadu.

Setiap awal bab di buku ini disajikan cover bab. Bagian ini berisi ilustrasi dan deskripsi singkat yang menarik berkaitan dengan materi serta tujuan pembelajaran bab yang bersangkutan. Selain itu, di bagian awal bab juga disajikan kata-kata kunci. Kata-kata tersebut menjadi inti pembahasan materi. Karena itu sebaiknya kamu membaca kata-kata kuncinya. Di dalam buku ini juga dilengkapi bahan-bahan untuk diskusi. Dengan diskusi tersebut diharapkan kamu dapat menambah wawasanmu. Di bagian akhir setiap babnya dilengkapi dengan soal-soal untuk menguji kompetensi yang sudah kamu capai setelah mempelajari satu bab.

Cara termudah belajar IPA adalah mengaitkan isi pembelajaran dengan kejadian-kejadian di sekitarmu. Dengan demikian kamu dapat belajar dengan perasaan senang. Belajar IPA juga jangan mudah berputus asa, ketika menjumpai kesulitan. Ingatlah, Thomas Alva Edison melakukan lebih dari seribu kegagalan sebelum berhasil menemukan sebuah lampu listrik.

Akhirnya, semoga buku ini dapat bermanfaat bagimu. Selamat belajar, semoga sukses.

Surakarta, 2008

Penulis

Ada Apa dengan Buku Ini

❖ Pretest ❖

Bagian ini berisi soal-soal untuk menguji kemampuanmu sebelum mempelajari suatu bab. Ada baiknya kamu membandingkan jawaban sebelum dan setelah mempelajari suatu bab.

Peta Konsep

Bagian ini untuk memudahkan mengikuti alur pembelajaran suatu bab.

Radar Sains

Bagian ini sebagai materi pengayaan yang sangat bermanfaat untuk menambah wawasanmu.

Tugas

Tugas ada yang berupa Tugas Mandiri, Tugas Individu, Tugas Kelompok, dan Tugas Proyek. Tugas Mandiri atau Tugas Individu dapat dikerjakan sendiri, sedangkan Tugas Kelompok dikerjakan secara kelompok. Adapun Tugas Proyek pengerjaannya di luar jam sekolah.

Latihan

Bagian ini berisi soal-soal yang berkaitan dengan suatu subbab. Jika masih kesulitan menjawab soal-soal itu, ada baiknya kamu mengulang pembelajaranmu sebelum melanjutkan ke subbab selanjutnya.

Rangkuman

Bagian ini akan sangat membantumu untuk mengingat-ingat bagian-bagian penting dalam suatu bab.

Refleksi

Bagian ini untuk mengetahui isi suatu bab yang benar-benar sudah kamu pahami dan yang belum kamu pahami

Glosarium

Bagian ini berisi istilah-istilah penting dan artinya dalam suatu bab.

Daftar Isi

Bab 1

PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN MAKHLUK HIDUP

Sumber: *Dok. Penerbit*

Beberapa makhluk hidup mengalami perubahan yang cepat dalam bentuk dalam waktu relatif cepat pada masa tertentu kehidupannya, misalnya metamorfosis pada serangga. Adapun manusia berangsur-angsur berubah bersamaan dengan pertumbuhan dan perkembangan; mulai masa bayi, anak-anak, dewasa, hingga masa tua. Gambar di samping menunjukkan dua manusia dengan dua masa yang berbeda.

Fenomena pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu juga akan mempelajari tahapan perkembangan manusia.

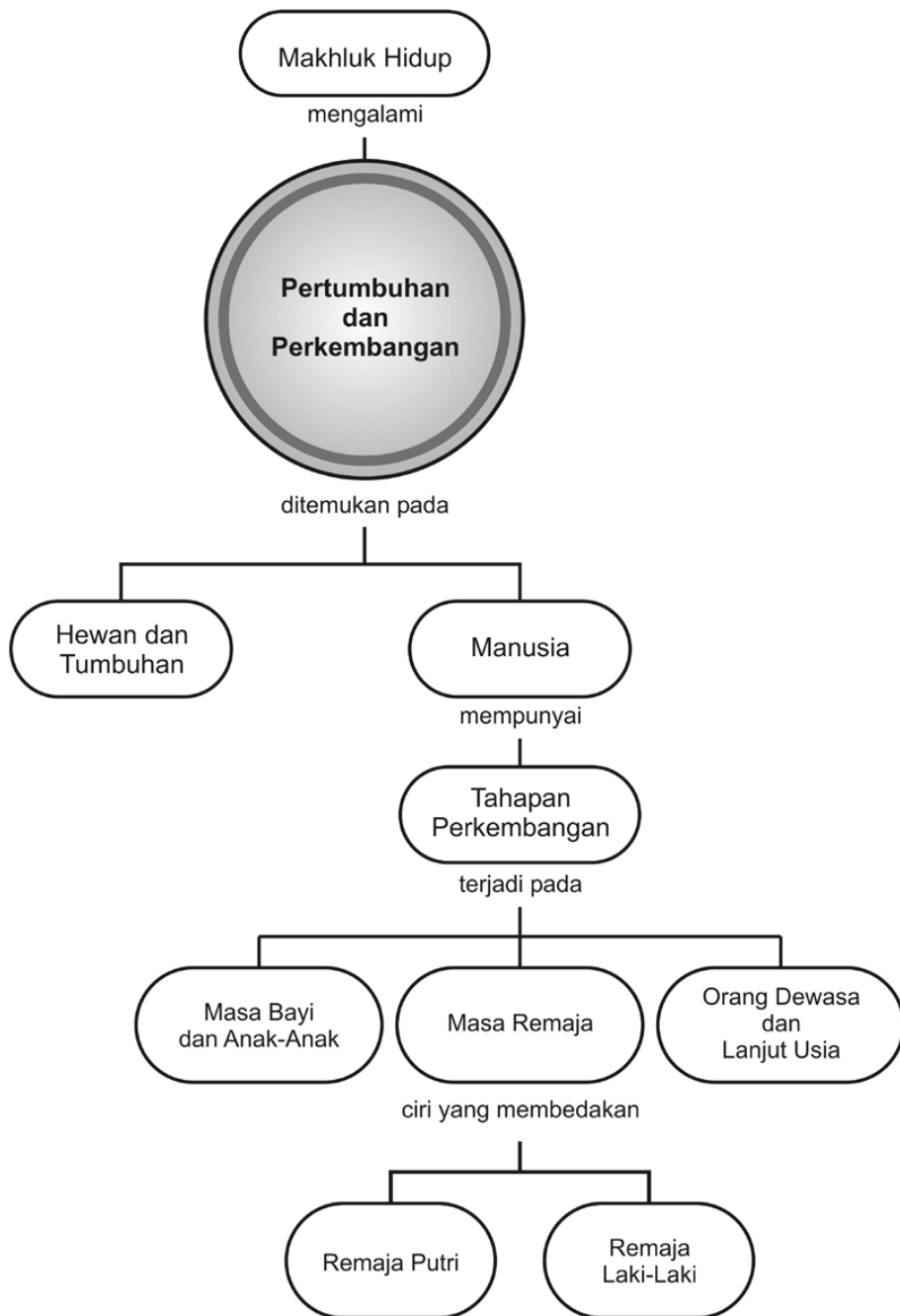
❖ Pretest ❖

1. Apakah perbedaan pertumbuhan dan perkembangan?
2. Apakah yang dimaksud pubertas?
3. Sebutkan ciri-ciri remaja putri dan remaja putra yang memasuki usia pubertas.
4. Sebutkan ciri-ciri orang yang telah memasuki lanjut usia.

❖ Kata-Kata Kunci ❖

– pendewasaan
– pubertas
– menstruasi

Peta Konsep

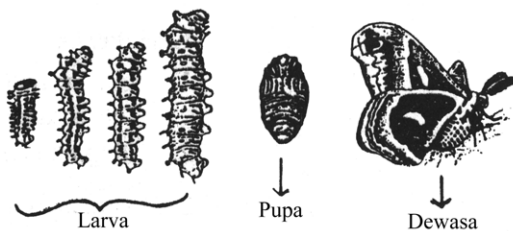
Makhluk Hidup
mengalami
Pertumbuhan dan Perkembangan
ditemukan pada
Hewan dan Tumbuhan
Manusia
mempunyai
Tahapan Perkembangan
terjadi pada
Masa Bayi dan Anak-Anak
Masa Remaja
Orang Dewasa dan Lanjut Usia
ciri yang membedakan
Remaja Putri
Remaja Laki-Laki

Kehidupan berlangsung terus-menerus. Dalam hidupnya, makhluk hidup pasti mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Banyak makhluk hidup memulai kehidupannya sebagai makhluk bersel satu. Selanjutnya menjadi makhluk hidup atau organisme baru dan independen secara perlahan mencari bentuknya. Rangkaian proses ini merupakan hasil dari dua proses yang berbeda, tetapi sangat berkaitan. Kedua proses itu adalah pertumbuhan dan perkembangan.

A. PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *menyebutkan faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup;*
- *menyimpulkan perbedaan pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup;*
- *membandingkan metamorfosis dan metagenesis.*

Makhluk hidup tumbuh dengan cara membuat lebih banyak sel penyusun, bukan dengan memperbesar sel yang telah ada. Pada tahap awal kehidupan, pembelahan diri terjadi sangat cepat dan ribuan atau jutaan sel baru terbentuk dengan cepat. Sel-sel baru ini berangsur-angsur menjadi berbeda atau mengembangkan ciri-ciri berbeda dan akhirnya makhluk hidup dewasa terbentuk. Beberapa makhluk hidup, misalnya manusia tetap mempunyai bentuk dasar selama proses pertumbuhan. Manusia hanya berubah menjadi lebih besar dan kuat. Beberapa makhluk hidup lain berubah bentuk secara keseluruhan, seperti ulat yang berubah menjadi kupu-kupu.

Pada masa pertumbuhan dan perkembangannya, kupu-kupu mengalami beberapa fase yang berbeda. Proses pertumbuhan dan perkembangan semacam itu disebut metamorfosis. Perhatikan metamorfosis kupu-kupu yang ditunjukkan Gambar 1.1.

Sumber: *Biologi,* 1995

◀ Gambar 1.1 Metamorfosis kupu-kupu

Tumbuhan mengawali hidupnya dari biji yang berkecambah atau bertunas dan melalui spora. Tumbuhan yang tumbuh diawali dengan biji, misalnya tanaman kacang tanah. Adapun tumbuhan yang tumbuh dengan spora, misalnya tumbuhan paku. Tumbuhan paku mengalami dua fase keturunan (daur hidup), yaitu fase vegetatif dan fase generatif.

Semua makhluk hidup hasil reproduksi akan tumbuh membesar sampai berukuran sama dengan induknya. Pertumbuhan meliputi peningkatan ukuran dan berjalan seiring dengan peningkatan kompleksitas struktur yang disebut perkembangan.

Pertumbuhan didefinisikan sebagai peningkatan ukuran makhluk hidup yang *irreversibel* (tidak dapat kembali). Hal itu selalu diiringi dengan peningkatan materi padat di dalam sel dan jumlah sel penyusun.

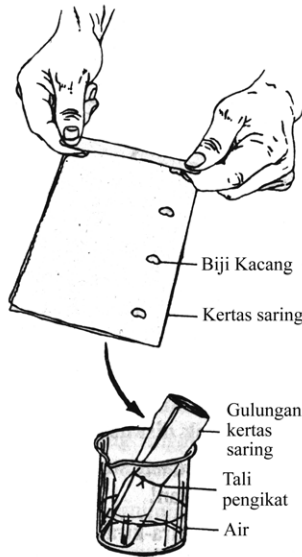
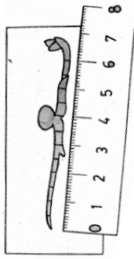
Perkembangan meliputi perubahan bentuk dan ukuran makhluk hidup sehubungan dengan proses pendewasaan atau pematangan. Pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup dipengaruhi oleh faktor intraseluler (dari dalam sel), interseluler, dan lingkungan. Faktor intraseluler berupa hereditas (keturunan), sedangkan faktor interseluler berupa hormon.

Sebagian besar hewan mempunyai masa pertumbuhan dan perkembangan yang terbatas, dengan hasil akhir berupa organisme dewasa yang mempunyai bentuk dan ukuran tertentu. Sebagian besar tumbuhan dan beberapa jenis hewan mengalami masa pertumbuhan hanya dalam satu musim.

Untuk memahami pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup, lakukan kegiatan berikut secara kelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Tujuan: Menunjukkan gejala-gejala yang mendukung konsep pertumbuhan.

Alat dan Bahan
- Rendaman biji kacang tanah dan jagung (selama 1 malam)
- Kertas saring
- Gelas piala
- Benang pengikat
- Mikroskop stereo atau lensa pembesar
- Spidol/tinta tahan air
- Penggaris

Cara Kerja
1. Ambil lima biji kacang tanah dan lima biji jagung.
2. Letakkan lima biji kacang tanah dan lima biji jagung pada kertas saring yang berbeda. Ikatlah biji tersebut dengan benang atau perekat tahan air agar tidak terlepas. Gabunglah kertas tersebut dan ikatlah. Masukkan gulungan kertas ke dalam gelas piala yang telah diisi dengan air. Letakkan bagian kertas yang ditempeli biji pada bagian atas (perhatikan gambar).
3. Setelah tiga hari, bukalah gulungan kertas. Amati perkecambahan yang terjadi pada biji dengan mengamati akar dan batang yang mulai tumbuh. Gunakan tinta tahan air untuk memberi tanda pada akar dan batang pada jarak tertentu.
4. Dua hari kemudian, amati pertambahan panjang yang terjadi, baik pada akar maupun batang.
5. Potonglah dengan hati-hati ujung akar di belakang tudung akar dan buatlah irisan melintang. Taruh di atas gelas benda yang telah ditetesi air, kemudian tutuplah dengan gelas penutup. Amatilah dengan mikroskop.
6. Potong dengan hati-hati lebih kurang sepanjang 2 cm dari ujung akar, buatlah irisan melintang. Taruh di atas gelas benda yang telah ditetesi air, tutuplah dengan gelas penutup dan amatilah sediaan tersebut dengan mikroskop.
7. Gambarlah hasil pengamatanmu.

Pertanyaan

1. Dapatkah kamu menentukan bagian akar dan batang yang mengalami pertambahan panjang paling besar?
2. Apakah bagian sel termasuk dari pertumbuhan atau perkembangan?
3. Adakah perbedaan struktur pada potongan melintang akar yang terletak dekat ujung dengan bagian akar yang berjarak 2 cm dari ujung?

Latihan

1. Apakah yang dimaksud pertumbuhan?
2. Mengapa pertumbuhan bersifat *irreversibel*?
3. Apakah yang dimaksud perkembangan?

B. TAHAPAN PERKEMBANGAN MANUSIA

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *mendeskripsikan tahapan perkembangan manusia mulai dari bayi, anak-anak, dan remaja;*
- *membedakan ciri anak-anak dan remaja.*

Manusia membutuhkan waktu lama untuk tumbuh dan berkembang menjadi dewasa.

1. Masa Bayi dan Anak-anak

Bayi yang baru lahir memiliki gerakan yang terbatas. Hal pertama yang dilakukan bayi sesaat setelah lahir adalah menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya dengan cara bernapas. Karena selama dalam kandungan, suplai oksigen berasal dari ibu. Sesaat setelah lahir, tangisan bayi yang mengikuti terputusnya tali pusat melatih paru-paru untuk mengembang dan memompa udara.

Segera setelah lahir, bayi sudah memiliki gerak refleks, seperti menguap, batuk, bersin, mengisap, dan menelan.

Sumber: *Ensiklopedia Iptek, 2004*

▲ Gambar 1.3 Masa anak-anak

Setelah berumur 3 bulan, bayi mulai belajar bicara dan belajar mengenal orang dekat. Bayi mulai belajar mengenal orang asing pada umur 6 bulan. Setengah tahun kemudian, bayi belajar duduk dan berputar, merangkak, serta berdiri sambil berpegangan. Sampai akhirnya, bayi dapat berdiri sendiri tanpa berpegangan. Pada umur antara 1 sampai 3 tahun, bayi belajar memusatkan minat dan perhatian terhadap benda-benda.

Antara umur 3 sampai 6 tahun, bayi memiliki rasa ingin tahu yang sangat menonjol. Saat itu, anak sangat suka meniru, terutama meniru orang tuanya.

2. Menjelang Masa Remaja

Pada anak antara umur 6 sampai 11 tahun, semula terjadi pertumbuhan badan secara cepat, tapi kemudian berangsur-angsur melambat. Saat itu, anak mulai mengembangkan akal dan pengendalian diri. Jadi, rasa kebergantungannya kepada orang tua sudah menjadi berkurang. Anak-anak yang bersekolah, mulai menyukai komunitas barunya, yaitu guru sekolah dan teman-temannya. Pengertian dan kecerdasannya berkembang. Mereka mulai belajar sesuatu dengan kesadaran.

Sumber: *Ensiklopedia Iptek, 2004*

▲ Gambar 1.4 Menjelang masa remaja

3. Masa Remaja

Masa remaja merupakan masa pertumbuhan yang cepat dan berpuncak pada kematangan alat reproduksi (seksual). Masa ini berakhir pada masa dewasa. Masa remaja merupakan masa pematangan. Masa remaja putri berlangsung antara umur 11 sampai 19 tahun, sedangkan pada anak laki-laki berlangsung antara umur 13 dan 21 tahun.

Pertumbuhan bergantung pada pengeluaran hormon pituitari dan hormon adrenal serta hormon pada alat-alat kelamin.

Pada masa ini, pertambahan tinggi badan sangat cepat karena memanjangnya kaki. Kemampuan hati, jantung, dan pembuluh darah bertambah dua kali lipat. Kekuatan fisik bertambah cepat, tetapi masih memerlukan koordinasi.

a. Remaja Putri

Saat mencapai usia belasan tahun, tubuh seorang gadis mulai tumbuh dan berubah sangat cepat. Hal itu disebut pubertas. Masa itu, seorang gadis berubah menjadi seorang wanita muda. Sistem reproduksinya (perkembangbiakan) mulai bekerja. Saat itu, tubuhnya mulai siap bereproduksi dan mempunyai anak.

Pubertas biasanya dimulai ketika gadis berusia 10 sampai 11 tahun, mungkin lebih awal atau lebih lambat. Perubahannya tidak diawali dengan waktu yang bersamaan. Hal itu bergantung dari pengaruh hormon kelamin (seks). Hormon seks tersebut mendorong peningkatan pertumbuhan, sehingga tinggi badan menjadi bertambah.

Selama pubertas, pertumbuhan dipercepat dan bentuk tubuh berubah. Ciri-ciri pubertas pada remaja putri, antara lain bentuk payudara berubah dan mulai berkembang, seluruh bentuk tubuh membulat, rambut ketiak mulai tumbuh, dan kelenjar keringat mulai bekerja. Pada saat inilah terjadi perubahan pada uterus. Pada umur 11–14 tahun, remaja putri mulai mengalami menstruasi dan rambut di sekitar kelamin mulai tumbuh. Hormon kelamin membuat organ reproduksi mulai berfungsi, ovarium mulai melepaskan telur, dan menstruasi dimulai.

Terjadinya menstruasi menunjukkan seorang gadis telah mencapai masa pubertas. Pada saat itu, sistem reproduksinya telah berfungsi normal. Menstruasi atau haid merupakan proses perdarahan secara berkala (setiap bulan) karena meluruhnya dinding uterus (endometrium) yang mengandung banyak pembuluh darah.

Perubahan pada organ kelamin merupakan ciri-ciri kelamin primer. Adapun perubahan pada bentuk tubuh, misalnya tubuh membulat, payudara, rambut kelamin dan ketiak mulai tumbuh, aktifnya kelenjar keringat, dan tumbuh jerawat merupakan ciri-ciri kelamin sekunder.

b. Remaja Laki-Laki

Ciri-ciri pubertas pada remaja laki-laki, antara lain berat badannya mulai naik dan tubuh bertambah lebih tinggi. Mulai saat itu, anak laki-laki berubah menjadi laki-laki muda. Sistem reproduksi mulai berfungsi sehingga siap untuk bereproduksi.

Pubertas pada anak laki-laki dimulai pada usia 13 sampai 14 tahun, dapat terjadi lebih awal atau lebih lambat. Pubertas diawali dengan aktifnya hormon kelamin, terutama testoteron. Hormon itulah yang mempercepat pertumbuhan dan mulai mengaktifkan fungsi sistem reproduksi. Ciri-ciri kelamin primer ditunjukkan dengan mulainya testis memproduksi sel kelamin jantan (sperma). Selanjutnya, aktivitas hormon ini juga menimbulkan ciri-ciri kelamin sekunder.

Ciri-ciri kelamin sekunder pada laki-laki, antara lain:
– rambut di sekitar kelamin mulai tumbuh;
– suara membesar dan lebih berat karena memanjangnya laring di tenggorokan;
– beberapa remaja laki-laki mulai tumbuh rambut di wajah dan badannya;
– rambut di ketiak mulai tumbuh dan kelenjar keringat mulai aktif.

> **Tugas Kelompok**
>
> **(Berpikir Kritis dan Kecakapan Sosial)**
>
> Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3 – 5 siswa, diskusikan hal-hal berikut.
>
> 1. Mengapa pertumbuhan dan perkembangan seseorang berbeda-beda?
> 2. Sebutkan faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan.
>
> Presentasikan hasil diskusimu di depan kelas.

4. Orang Dewasa dan Lanjut Usia

Pada pertengahan dan akhir umur 20-an terjadi puncak kekuatan otot pada manusia. Antara umur 25 dan 30 tahun, tulang kepala berkembang ke arah kesempurnaan. Setelah itu, secara berangsur-angsur tulang bertambah kadar mineralnya dan berkurang seratnya sehingga tulang merapuh. Pada umur 40 tahun, terjadi

Sumber: *Ensiklopedia Iptek, 2004*

▲ Gambar 1.5 Masa dewasa dan lanjut usia

kekisutan tulang rahang sehingga muka seseorang tampak berubah, ditambah dengan lepasnya gigi dari gusi. Kulit menjadi lebih tipis karena kehilangan jaringan elastis dan jaringan lemak. Saat itu, muncullah lipatan dan kerutan di kulit, rambut mulai memutih dan rontok, serta pertumbuhan kuku kaki melambat sehingga cenderung membesar dan buruk. Pada wanita, antara umur 39 sampai 50 terjadi *menopause*, yaitu berhentinya siklus menstruasi. Aktivitas alat reproduksi berakhir. Kemampuan melahirkan anak terhenti. Hal itu disebabkan karena perubahan hormon.

Setelah mencapai tahapan lanjut usia, keadaan tubuh manusia mulai melemah. Kulit menjadi lebih keriput, rambut memutih, dan kemampuan organ-organ mulai lemah. Organ penglihatan mulai menurun kemampuannya karena daya akomodasi lensa mata berkurang dan organ reproduksi mulai menurun aktivitasnya.

Latihan

1. Sebutkan tahapan perkembangan manusia setelah dilahirkan.
2. Apakah yang dimaksud menstruasi?
3. Sebutkan ciri-ciri kelamin primer dan sekunder pada remaja laki-laki.

Rangkuman

1. Beberapa makhluk hidup, misalnya manusia tetap mempunyai bentuk dasar selama proses pertumbuhan. Beberapa makhluk hidup lain berubah bentuk secara keseluruhan, misalnya ulat yang berubah menjadi kupu-kupu melalui proses metamorfosis.
2. Pertumbuhan merupakan peningkatan ukuran organisme yang *irreversibel* (tidak dapat kembali), sedangkan perkembangan merupakan proses menuju pendewasaan atau pematangan.
3. Hal pertama yang dilakukan bayi sesaat setelah lahir adalah menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya dengan cara bernapas. Pada umur 1 sampai 3 tahun, bayi belajar memusatkan minat dan perhatian terhadap benda-benda. Antara umur 3 sampai 6 tahun, bayi sangat menonjol rasa ingin tahunya.
4. Umur anak menjelang masa remaja berkisar antara umur 6 sampai 11 tahun. Pada masa itu, semula terjadi pertumbuhan secara cepat, kemudian berangsur-angsur melambat. Pengertian dan kecerdasannya berkembang. Mereka mulai belajar sesuatu dengan kesadaran.

5. Masa remaja putri berlangsung antara umur 11 sampai 19 tahun, sedangkan masa remaja pada anak laki-laki berlangsung antara umur 13 sampai 21 tahun.
6. Masa pubertas pada perempuan berkisar antara 10 sampai 11 tahun. Masa pubertas pada perempuan ditandai dengan terjadinya menstruasi. Perubahan pada organ kelamin merupakan ciri-ciri kelamin primer. Adapun perubahan bentuk tubuh, misalnya tubuh membulat, payudara, rambut kelamin dan ketiak mulai tumbuh, merupakan ciri-ciri kelamin sekunder.
7. Pubertas pada laki-laki berlangsung antara umur 13 sampai 14 tahun. Pubertas diawali aktifnya hormon testoteron. Awal testis memproduksi sel kelamin jantan (sperma) merupakan ciri-ciri kelamin primer. Adapun tumbuh rambut di sekitar kelamin dan ketiak, kelenjar keringat mulai aktif, dan suara membesar merupakan ciri-ciri kelamin sekunder.
8. Pada tahapan lanjut usia, keadaan tubuh manusia mulai melemah, kulit keriput, rambut memutih, kemampuan organ mulai melemah, dan organ reproduksi mulai menurun aktivitasnya.

Refleksi

Setelah mempelajari mengenai Pertumbuhan dan Perkembangan Makhluk Hidup, tentunya kamu sudah memahami dan dapat menjelaskan tentang pertumbuhan dan perkembangan serta tahapan perkembangan manusia.

Apabila ada hal-hal yang menurut kamu belum jelas atau kurang dapat dipahami, bacalah kembali materi di atas dengan cermat. Carilah referensi-referensi pendukung lainnya, seperti majalah, buletin, maupun internet. Untuk memantapkan pemahamanmu, mintalah bimbingan gurumu.

Glosarium

hormon	:	*senyawa organik yang khas, kemudian substansi pengatur yang dibentuk oleh tubuh dalam jumlah kecil untuk dibawa ke jaringan.*
janin	:	*bakal bayi.*
ovarium	:	*indung telur pada wanita/tempat penghasil sel telur.*
reproduksi	:	*perkembangbiakan*

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

1. Organisme tumbuh dengan cara ....
   a. memperbesar sel yang telah ada
   b. memperkecil sel yang telah ada
   c. memperbanyak sel
   d. memperpendek sel
2. Peningkatan ukuran organisme yang tidak dapat kembali lagi (*irreversibel*) disebut ....
   a. perkembangan
   b. pertumbuhan
   c. perkembangbiakan
   d. reproduksi
3. Proses menuju pendewasaan atau pematangan disebut ....
   a. perkembangan
   b. pertumbuhan
   c. perkembangbiakan
   d. reproduksi
4. Tahap perkembangan bergantung pada hal-hal berikut, *kecuali* ....
   a. kontak c. belajar
   b. latihan d. jenis makanan
5. Cara yang dilakukan bayi untuk menyesuaikan lingkungan barunya sesaat setelah lahir adalah ....
   a. bersin c. menguap
   b. bernapas d. batuk
6. Bayi mulai mengenal orang dekat atau orang asing rata-rata pada umur ....
   a. 3 bulan c. 1 tahun
   b. 6 bulan d. 3 tahun
7. Pertumbuhan yang cepat dan berpuncak pada kematangan kelamin (seksual) terjadi pada ....
   a. masa anak-anak
   b. menjelang masa remaja
   c. masa pancaroba
   d. masa dewasa
8. Masa pematangan pada anak putri berlangsung pada umur ....
   a. 6 sampai 11 tahun
   b. 11 sampai 19 tahun
   c. 13 sampai 21 tahun
   d. 15 sampai 30 tahun
9. Masa pubertas pada anak putri ditandai dengan ....
   a. tinggi badan naik
   b. suara membesar
   c. berat badan naik sampai dua kali
   d. terjadinya menstruasi
10. Berhentinya siklus menstruasi pada wanita lanjut usia disebut ....
   a. monoploid c. mutagenesis
   b. monolepsis d. menopause

B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.

1. Apakah perbedaan pertumbuhan dan perkembangan?
2. Sebutkan faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup.
3. Jelaskan fase-fase dari daur hidup kupu-kupu.
4. Sebutkan ciri-ciri pubertas pada anak putri.
5. Sebutkan ciri-ciri kelamin primer pada anak laki-laki.

Bab 2

SISTEM GERAK PADA MANUSIA

Sumber: *http://google.com*

Hampir seluruh bagian tubuh ikut aktif bergerak ketika seorang sprinter berlari kencang, seperti gerak lengan, tekukan lutut, dan pijakan kaki. Gerakan-gerakan ini dimungkinkan karena kerja otot-otot rangka. Karena diperintah oleh otak, otot-otot menarik rangka agar menciptakan gerakan terkoordinasi.

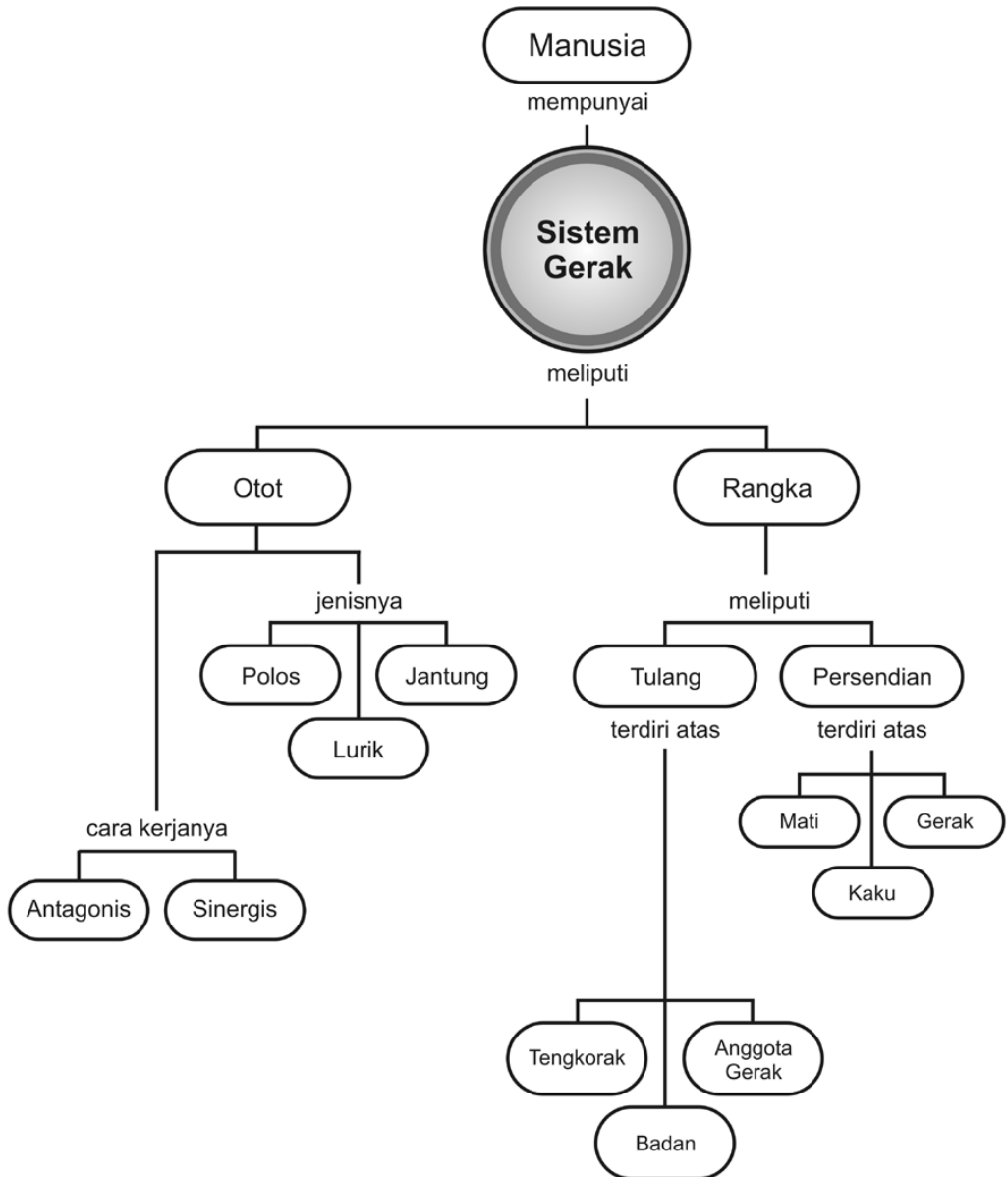
Fenomena penyebab gerakan-gerakan tubuh manusia dapat kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan sistem gerak serta kelainan dan penyakit pada sistem gerak pada manusia.

❖ Pretest ❖

1. Apakah fungsi tulang manusia?
2. Disebut apakah pertemuan antartulang?
3. Bagian tubuh apakah yang dapat menggerakkan tulang?

❖ Kata-Kata Kunci ❖

- tulang
- sendi
- otot

Manusia
mempunyai
Sistem Gerak
meliputi
Otot
Rangka
jenisnya
Polos
Jantung
Lurik
cara kerjanya
Antagonis
Sinergis
meliputi
Tulang
Persendian
terdiri atas
terdiri atas
Mati
Gerak
Kaku
Tengkorak
Anggota Gerak
Badan

Manusia mempunyai kemampuan untuk bergerak, seperti berlari, berjalan, dan melompat, serta berjingkat. Bagaimana manusia dapat melakukan gerakan-gerakan tersebut dan organ-organ apa saja yang mendukung terjadinya gerakan tersebut?

Kemampuan manusia untuk melakukan gerakan didukung oleh adanya sistem gerak. Sistem gerak pada manusia merupakan hasil dari kerja sama yang baik dari berbagai organ, seperti rangka (tulang), otot, sendi, dan saraf.

A. RANGKA MANUSIA

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- *membandingkan macam organ penyusun sistem gerak pada manusia;*
- *membedakan fungsi tulang rawan, tulang keras, dan sendi sebagai penyusun rangka tubuh;*
- *mengidentifikasi macam sendi dan fungsinya;*
- *mendata contoh kelainan dan penyakit yang berkaitan dengan tulang yang bisa dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dan upaya mengatasinya.*

Pernahkah kamu melihat rangka manusia atau model rangka manusia? Rangka tubuh manusia terdiri atas tulang-tulang yang saling berhubungan satu sama lain. Jumlah tulang yang menyusun rangka manusia lebih kurang 200 buah. Jumlah yang pasti berbeda menurut umurnya, karena ada sejumlah tulang yang kemudian tumbuh menjadi satu. Karena rangka manusia terletak di dalam tubuh, maka disebut juga rangka dalam (*endoskeleton*).

Rangka manusia berfungsi sebagai penegak tubuh, tempat melekatnya otot-otot, memberi bentuk tubuh, membentuk sel-sel darah merah (pada sumsum merah), dan melindungi organ-organ di dalamnya.

1. Tulang sebagai Penyusun Rangka

Tulang disebut juga sebagai alat gerak pasif, karena hanya dapat bergerak jika digerakkan oleh otot. Walaupun demikian, tulang tetap berperan penting dalam sistem gerak tubuh manusia, karena gerak tidak akan terjadi tanpa adanya tulang.

Berdasarkan jaringan penyusun dan sifat-sifat fisiknya, tulang digolongkan menjadi dua jenis, yaitu tulang rawan (*kartilago*) dan tulang keras (*osteon*).

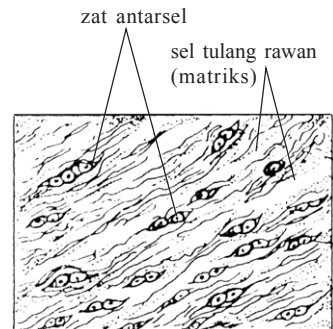
a. Tulang Rawan (kartilago)

Tulang rawan tersusun atas sel-sel tulang rawan (*kondrosit*) yang berbentuk bulat. Tulang rawan mempunyai zat antara (*matriks*) yang mengandung serabut tipis dan elastis. Matriks tulang rawan merupakan campuran antara protein dan karbohidrat yang disebut *kondrin.* Selain itu, banyak mengandung zat perekat (*kolagen*) serta mengandung sedikit kalsium karbonat dan kalsium fosfat. Oleh karena itu, tulang rawan bersifat ulet, lentur, dan kokoh.

Pada saat berbentuk embrio, rangka manusia tersusun atas tulang rawan semua. Pada saat dewasa, tulang rawan hanya terdapat di beberapa tempat, seperti pada daun telinga, cuping hidung, epiglotis, permukaan persendian dan antarruas tulang iga dan tulang dada.

Tulang rawan pada anak-anak banyak mengandung sel-sel tulang, sedangkan pada orang dewasa lebih banyak matriksnya. Perhatikan perbedaan tulang rawan anak-anak dengan orang dewasa pada Gambar 2.1

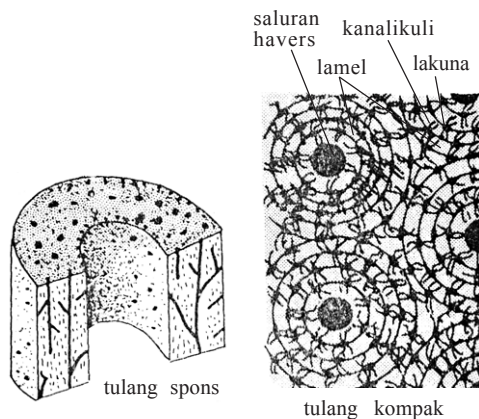
Sumber: *Anfis Keperawatan,* 2001

a. Tulang rawan pada anak-anak

Sumber: *Anfis Keperawatan,* 2001

b. Tulang rawan pada orang dewasa

▲ Gambar 2.1 Tulang rawan

b. Tulang Keras (Osteon)

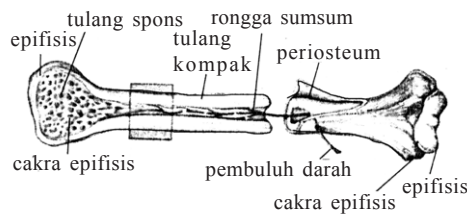
Tulang keras terdiri atas sel-sel tulang keras (sejati) yang disebut *osteosit.* Matriksnya bersifat keras karena banyak mengandung kalsium karbonat dan kalsium fosfat. Jika matriks tersebut padat dan rapat, membentuk *tulang kompak* atau *tulang keras*, misalnya pada tulang pipa. Jika matriksnya berongga, akan membentuk *tulang spons*, misalnya pada tulang pipih dan tulang pendek.

Sumber: *Biologi,* 1991

▲ Gambar 2.2 Tulang keras

Tulang keras berasal dari tulang rawan. Setelah tulang rawan terbentuk pada akhir bulan kedua saat perkembangan embrio, di dalamnya terdapat rongga yang mengandung *osteoblas* atau sel-sel pembentuk tulang. Tulang terbentuk berturut-turut dari dalam ke luar.

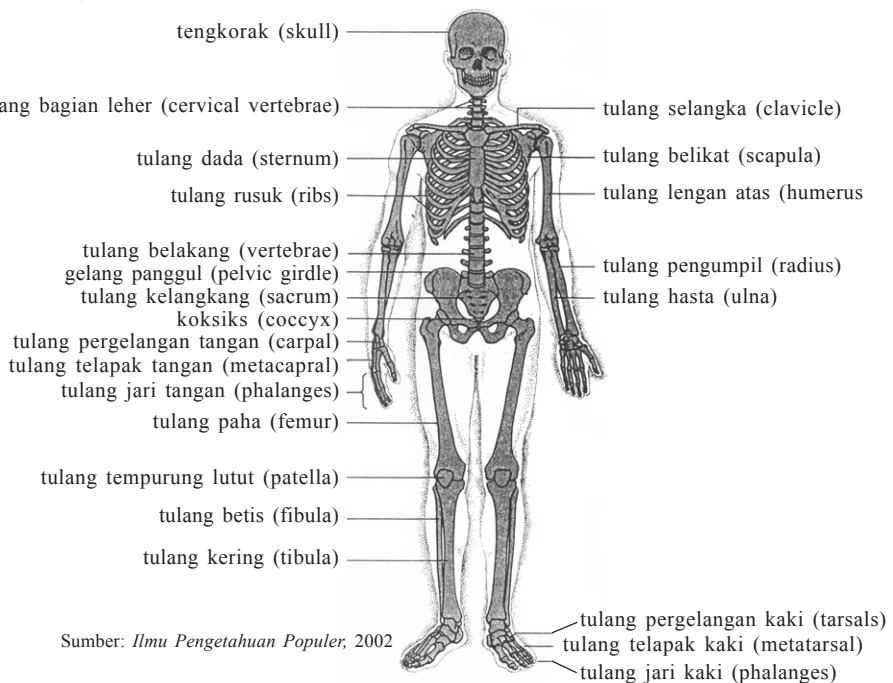
Menurut bentuknya, tulang rangka dibedakan menjadi tiga, yaitu tulang pipa atau tulang panjang, tulang pipih, dan tulang pendek.

Tulang pipa berbentuk tabung dan pada umumnya berongga. Pada bagian ujung tulang pipa mengalami perluasan yang berfungsi untuk persambungan dengan tulang lain. Di bagian dalam tulang pipa terdapat rongga besar yang berisi sumsum kuning dan zat lemak. Tulang pipa umumnya terdapat pada tulang anggota gerak, seperti tulang lengan atas, tulang hasta, dan tulang jari. Tulang pipa yang terbesar dan terpanjang pada tubuh manusia adalah tulang paha.

Tulang pipih mempunyai bentuk pipih dan lebar, di dalamnya berongga dan berisi sumsum merah sebagai tempat pembentuk sel darah merah. Kebanyakan tulang pipih adalah sebagai penyusun rongga, sehingga tulang pipih sering berfungsi sebagai pelindung atau untuk memperkokoh. Contoh tulang pipih, antara lain tulang tengkorak, tulang belikat, tulang rusuk, dan tulang dada.

Sumber: *Biologi,* 1996

◀ Gambar 2.3 Tulang pipa dan bagian-bagiannya

Tulang pendek berbentuk bulat pendek (silinder kecil) dan di bagian dalamnya berisi sumsum merah. Sebagian besar dari jaringan penyusun tulang ini bersifat ringan dan kuat. Contoh tulang pendek adalah tulang pergelangan tangan, tulang pergelangan kaki, dan ruas-ruas tulang belakang.

2. Susunan Rangka Manusia

Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer,* 2002

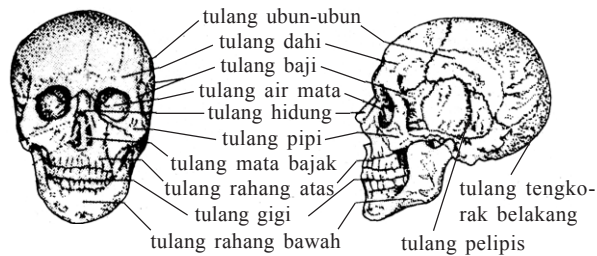
▲ Gambar 2.4 Kerangka manusia

Tulang penyusun rangka manusia dapat dibedakan menjadi tiga kelompok utama, yaitu tulang tengkorak, tulang badan, dan tulang anggota gerak (anggota tubuh).

a. Tulang Tengkorak

Tulang penyusun tengkorak berbentuk pipih dan saling berhubungan antara yang satu dengan yang lainnya, sehingga membentuk rongga. Tulang-tulang tersebut mengelilingi dan melindungi organ tubuh yang amat vital, yaitu otak. Tulang tengkorak terdiri atas dua bagian utama, yaitu tulang tengkorak bagian kepala (tempurung kepala) dan tulang tengkorak bagian muka (wajah).

Tulang tengkorak bagian kepala berfungsi untuk melindungi otak. Hubungan antartulang yang menyusunnya merupakan hubungan tulang yang tidak dapat digerakkan. Tulang-tulang tersebut meliputi satu buah tulang dahi, dua buah tulang ubun-ubun, satu buah tulang kepala belakang, dua buah tulang baji, dua buah tulang tapis, dan dua buah tulang pelipis. Pada bayi yang baru lahir tulang ubun-ubun belum menyatu. Selama masa pertumbuhan tulang tersebut akhirnya akan menyatu. Perhatikan bagian ubun-ubun bayi, rabalah pelan-pelan tepat pada bagian tulang yang belum menyatu tersebut, lembut bukan?

Tulang tengkorak bagian muka membentuk langit-langit, rongga hidung, dan rongga mata. Tulang-tulang penyusunnya meliputi dua buah tulang rahang atas, dua buah tulang rahang bawah, dua buah tulang pipi, dua buah tulang langit-langit, dua buah tulang hidung, dua buah tulang air mata, dan satu buah tulang lidah. Tulang rahang bawah merupakan satu-satunya tulang tengkorak yang dapat digerakkan, yaitu pada saat mengunyah dan berbicara.

Sumber: *Biologi,* 1991

▲ Gambar 2.5 Sistem tengkorak manusia

b. Tulang Badan

Kelompok tulang belakang terdiri atas ruas-ruas tulang belakang. Tulang belakang mempunyai fungsi sebagai penyangga tulang tengkorak dan merupakan tempat melekatnya tulang-tulang rusuk.

Tulang dada berbentuk pipih dengan panjang sekitar 15 cm. Tulang tersebut merupakan tempat perlekatan tulang rusuk bagian depan.

Tulang rusuk (iga) pada manusia berjumlah dua belas pasang. Berdasarkan perlekatannya pada tulang dada, tulang rusuk digolongkan

menjadi tiga, yaitu tulang rusuk sejati, tulang rusuk palsu, dan tulang rusuk melayang.

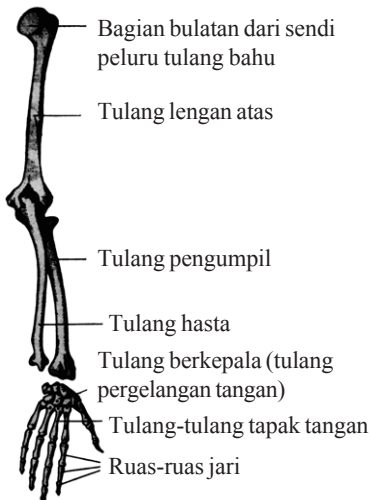
Tulang gelang bahu terdiri atas dua buah tulang belikat dan dua buah tulang selangka. Tulang belikat berbentuk segitiga pipih dan mempunyai tonjolan yang disebut taju paruh gagak. Tulang selangka mempunyai bentuk, seperti huruf S. Salah satu ujung tulang selangka melekat pada tulang dada, sedangkan ujung yang lain melekat pada ujung bahu.

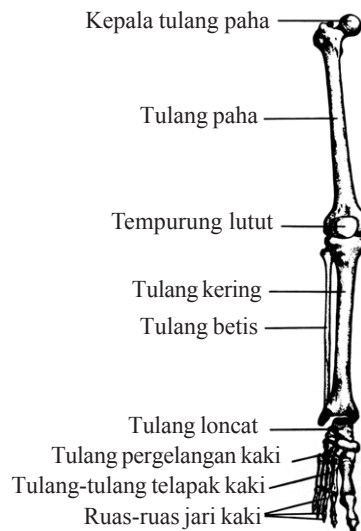
Tulang gelang panggul terdiri atas dua buah tulang usus, dua buah tulang duduk, dan dua buah tulang kemaluan. Tulang-tulang tersebut berkaitan erat satu dengan lainnya.

Sumber: *Biologi,* 1994

▲ Gambar 2.6 Ruas-ruas tulang belakang

c. Tulang Anggota Gerak

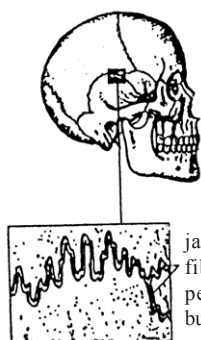
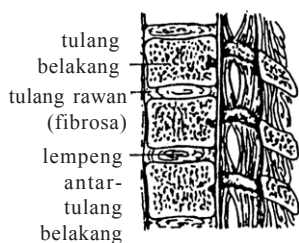
Tulang anggota gerak meliputi tulang anggota gerak atas dan tulang anggota gerak bawah. Tulang anggota gerak atas berhubungan dengan gelang bahu, sedangkan tulang anggota gerak bawah berhubungan dengan gelang panggul.

Sumber: *IPP,* 2002

▲ Gambar 2.7 Susunan tulang tangan dan kaki

Tulang anggota gerak atas (tangan) kanan dan kiri masing-masing terdiri atas satu buah tulang lengan atas, satu buah tulang pengumpil, satu buah tulang hasta, delapan buah tulang pergelangan tangan, lima buah tulang telapak tangan, dan empat belas buah tulang jari.

Tulang anggota gerak bawah (kaki) kanan dan kiri masing-masing terdiri atas satu buah tulang paha, satu buah tulang tempurung lutut, satu buah tulang kering, satu buah tulang betis, tujuh buah tulang pergelangan kaki, lima buah tulang telapak kaki, dan empat belas buah tulang jari. Tulang paha merupakan tulang pipa yang terbesar.

3. Persendian

Pernahkah kamu melihat gerakan penari yang lemah gemulai? Tahukah kamu mengapa tubuh penari yang rangkanya tersusun atas tulang-tulang yang keras dan kaku dapat melakukan gerakan sedemikian rupa?

Tulang-tulang penyusun rangka manusia saling berhubungan antara satu dengan lainnya. Hubungannya ada yang secara erat dan ada yang tidak erat. Hubungan antartulang yang satu dengan lainnya disebut *artikulasi.* Untuk dapat bergerak diperlukan struktur yang khusus pada artikulasi. Struktur khusus tersebut dinamakan sendi. Berdasarkan sifat gerakannya, sendi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu sendi mati (*sinartrosis*), sendi kaku (*amfiartrosis*), dan sendi gerak (*diartrosis*).

(a) Sinartrosis

(b) Amfiartrosis

Sumber: *Biologi,* 1994

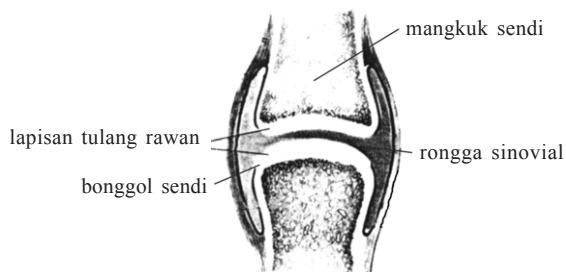
▲ Gambar 2.8 Macam-macam sendi

a. Sendi Mati

Sendi mati *(sinartrosis)* adalah hubungan antartulang yang tidak memungkinkan adanya gerak. Hubungan antartulang tersebut tidak memiliki celah sendi dan hanya dihubungkan dengan erat oleh jaringan serabut sehingga sama sekali tidak dapat digerakkan, contohnya pada tulang tengkorak.

b. Sendi Kaku

Sendi kaku adalah hubungan antar-tulang yang memungkinkan terjadinya sedikit gerakan atau gerakannya sangat terbatas. Penghubung antartulang pada persendian tersebut adalah tulang rawan. Contoh sendi kaku adalah hubungan antara tulang rusuk dengan tulang dada, hubungan antarruas tulang belakang, dan hubungan antartulang gelang panggul.

c. Sendi Gerak

Sumber: *Biologi,* 1996

▲ Gambar 2.9 Sendi dan bagian-bagian penyusunnya

Sendi gerak adalah hubungan antartulang yang memungkinkan gerakan lebih bebas. Sendi tersebut mempunyai struktur yang terdiri atas bonggol sendi, tulang rawan sendi, ligamen, dan mangkok sendi. Di dalam mangkok sendi terdapat cairan sendi atau *minyak sinovial* yang berfungsi sebagai pelumas sendi. Berdasarkan arah gerakannya, sendi gerak dibedakan sebagai berikut.

1) Sendi peluru merupakan sendi yang memungkinkan gerakan ke segala arah. Pada persendian ini salah satu ujung berbentuk lekukan, seperti mangkuk dan ujung tulang yang lain berbentuk bonggol yang masuk ke dalam lekukan tulang yang satu. Contoh sendi peluru adalah hubungan antara tulang lengan atas dengan gelang bahu dan hubungan antara tulang paha dengan gelang panggul.
2) Sendi engsel merupakan sendi yang memungkinkan gerakan ke satu arah. Contoh sendi engsel adalah hubungan antara tulang lengan atas dengan tulang lengan bawah dan hubungan antara tulang paha dengan tulang betis dan tulang kering.
3) Sendi geser merupakan sendi yang memungkinkan sedikit pergeseran di antara tulang-tulang. Contoh sendi geser adalah hubungan antara tulang-tulang pergelangan tangan dan hubungan antarruas tulang belakang.
4) Sendi pelana merupakan sendi yang memungkinkan gerakan ke dua arah. Contoh sendi pelana adalah hubungan antara tulang ibu jari dengan telapak tangan dan hubungan antara tulang telapak tangan dengan pergelangan tangan.
5) Sendi putar merupakan sendi yang memungkinkan satu tulang berputar terhadap tulang yang lain. Contoh sendi putar adalah hubungan antara tulang atlas dengan tulang pemutar dan hubungan antara tulang hasta dengan tulang pengumpil.

sendi peluru

sendi engsel

sendi geser

sendi pelana

sendi putar

Sumber: *Ensiklopedia Iptek,* 2004

▲ Gambar 2.10 Struktur persendian (skematik)

Cobalah untuk melakukan gerakan-gerakan pada berbagai sendi yang telah dibahas di atas agar kamu dapat lebih memahaminya.

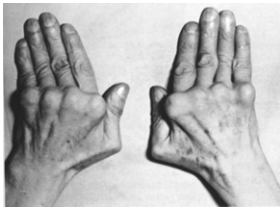
4. Kelainan dan Penyakit pada Rangka

Jenis gangguan pada rangka dapat disebabkan oleh gangguan pada tulang, persendian, dan kelainan lain yang disebabkan oleh penyakit.

a. Kelainan dan Gangguan pada Tulang

Kelainan dan gangguan tulang yang paling umum adalah karena tulang mengalami retak atau patah (*fraktura*). Tanda-tanda umum keretakan atau patah tulang adalah rasa sakit yang hebat pada daerah patahan, pembengkakan, dan kemungkinan terjadi pendarahan. Patah tulang dapat mengalami penyembuhan kembali seperti pada posisi semula yang disebut *reduksi*.

Sumber: *Ensiklopedia Iptek, 2004*

▲ Gambar 2.12 Patah pada tulang

Sumber: *lmu Pengetahuan Populer,* 2002

▲ Gambar 2.13 Osteoartritis "Penyakit aus", dapat menyebabkan deformasi persendian pada usia lanjut.

Patah tulang dapat dibedakan sebagai berikut.

1) Patah tulang tertutup, jika tulang yang patah tidak sampai merobek kulit.
2) Patah tulang terbuka, jika tulang yang patah merobek kulit dan tulang mencuat ke luar.
3) Fisura, jika tulang hanya retak.

Selain oleh patahan, gangguan gerak dapat disebabkan oleh pertumbuhan tulang-tulang kaki yang mengalami hambatan sebelum bayi lahir.

b. Kelainan dan Gangguan pada Persendian

Gangguan persendian ada beberapa macam, yaitu *dislokasi*, terkilir, *ankilosis*, dan *artritis*.

1) *Dislokasi*

Dislokasi terjadi apabila sendi bergeser dari kedudukan semula karena ligamentum (jaringan penggantung) sobek atau tertarik.

2) *Terkilir*

Terkilir disebabkan oleh gerakan yang tiba-tiba atau tidak biasa dilakukan sehingga ligamentum menjadi tertarik, tetapi sendi tidak mengalami pergeseran posisi. Terkilir menyebabkan rasa sakit yang cukup hebat dan mengalami pembengkakan.

3) *Ankilosis*

Ankilosis adalah suatu keadaan persendian yang tidak dapat digerakkan karena seolah-olah kedua tulang itu menyatu.

4) *Artritis*

Artritis adalah peradangan yang terjadi pada sendi disertai dengan rasa sakit dan kadang-kadang posisi tulang mengalami perubahan.

c. Kelainan dan Gangguan pada Tulang Belakang

Kelainan dan gangguan yang terjadi pada tulang belakang disebabkan oleh perubahan kedudukan bagian ruas tulang belakang yang disebut *spina*. Spina akan menyebabkan perbedaan kelengkungan batang tulang belakang. Secara normal batang tulang belakang melengkung pada bagian punggung (*torakal*) dan pada bagian pinggul (*lumbar*). Karena perubahan kedudukan spina pada ruas-ruas tulang belakang terjadilah perubahan kelengkungan tersebut.

Macam gangguan yang disebabkan kelainan tulang belakang sebagai berikut.

1) *Skoliosis*

Skoliosis, yaitu kondisi di mana tulang belakang bagian punggung membengkok ke kiri atau ke kanan. Penyebabnya adalah posisi duduk yang salah. Skoliosis juga dapat terjadi jika seseorang sering membebani salah satu sisi tulang belakang dan kebiasaan ini dilakukan selama bertahun-tahun.

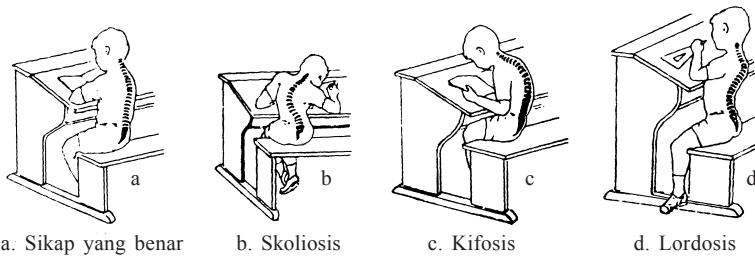
2) *Lordosis*

Lordosis, yaitu kondisi di mana tulang belakang bagian punggung membengkok ke belakang. Hal itu dapat terjadi, jika kita sering duduk di kursi dengan meja yang terlalu tinggi.

3) *Kifosis*

Kifosis merupakan kondisi yang berkebalikan dengan lordosis. Kifosis, yaitu tulang belakang bagian dorsal perut membengkok ke depan. Hal itu dapat terjadi karena kebiasaan menulis yang terlalu membungkuk.

a. Sikap yang benar b. Skoliosis c. Kifosis d. Lordosis

Sumber: *Biologi,* 1995

▲ Gambar 2.14 Berbagai sikap tubuh

d. Kelainan dan Gangguan karena Faktor Fisiologis

1) *Rakitis*

Rakitis merupakan penyakit tulang yang ditandai dengan keadaan tulang kurang keras karena kekurangan vitamin D. Fungsi vitamin D adalah membantu dalam penimbunan zat kapur dalam pembentukan tulang. Jika kekurangan vitamin D terjadi pada masa anak-anak akan terjadi pembengkokan pada kaki. Pembengkokan dapat ke arah luar sehingga membentuk huruf O atau ke arah dalam sehingga membentuk huruf X. Rakitis dapat juga menyebabkan kelainan yang disebut "dada merpati", yaitu batang tulang belakang memendek.

2) *Mikrosefalus*

Mikrosefalus merupakan kelainan akibat pertumbuhan tulang-tulang tengkorak yang terhambat karena kekurangan zat kapur saat pembentukan tulang tengkorak pada waktu bayi, sehingga ukuran kepala kecil (ukurannya tidak proporsional). Akibat lebih lanjut biasanya berpengaruh pada perkembangan mental.

3) *Osteoporosis*

Osteoporosis, yaitu keadaan tulang yang kurang keras (lunak) karena kekurangan kalsium dan fosfor. Keadaan tersebut menyebabkan tulang-tulang menjadi mudah patah dan rapuh.

Radar Sains

Janin yang sedang tumbuh membutuhkan kalsium dan fosfor yang banyak. Keduanya digunakan untuk perkembangan tulang dan otak. Jika makanan ibu tidak mencukupi kebutuhan janin akan kalsium dan fosfor, akan diambilkan dari tulang dan gigi ibu. Akibatnya ibu menderita osteoporosis dan kerusakan gigi.

4) *Kelainan sebagai Akibat Penyakit Lain*

Kelainan tulang karena penyakit, misalnya TBC tulang atau tumor yang dapat memengaruhi tekanan fisik dan fisiologis tulang dan peradangan pada jaringan pengikat dan tendon.

5. Cara Memelihara Kesehatan Tulang

Untuk memelihara kesehatan tulang, banyak hal yang dapat kamu lakukan, misalnya sebagai berikut.

a. Menghindarkan cidera tulang dari kegiatan-kegiatan sehari-hari
   Dalam melakukan kegiatan sehari-hari harus hati-hati agar tidak terjadi kecelakaan yang dapat menyebabkan cidera tulang.
b. Makan makanan yang banyak mengandung kalsium dan fosfor
   Makanan yang mengandung kalsium dan fosfor, banyak terdapat pada ikan laut, udang, dan kacang-kacangan. Kalsium dan fosfor dapat meningkatkan ketahanan tulang.
c. Minum susu
   Pada umumnya susu mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tubuh, misalnya kalsium dan fosfor. Dengan minum susu secara teratur diharapkan dapat menghindarkan tulang dari kelainan yang disebut *osteoporosis*.

Latihan
1. Sebutkan fungsi rangka manusia.
2. Mengapa rangka disebut sebagai alat gerak pasif?
3. Mengapa tulang rawan bersifat lentur dan elastis?
4. Sebutkan empat bagian penting dari sendi dan jelaskan fungsinya.
5. Sebutkan kelainan dan gangguan pada tulang yang pernah kamu lihat dan jelaskan cara mengatasinya.

B. OTOT MANUSIA

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *mendeskripsikan fungsi otot sebagai alat gerak;*
- *mendata contoh kelainan dan penyakit yang berkaitan dengan otot yang biasa dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dan upaya mengatasinya.*

Dalam kehidupan sehari-hari otot lazimnya disebut *daging*. Otot merupakan bagian terbesar dalam tubuh manusia. Jumlahnya kira-kira mencapai setengah dari seluruh berat badan. Menurut macamnya diperkirakan terdapat lebih dari 600 buah otot yang berbeda di dalam tubuh kita.

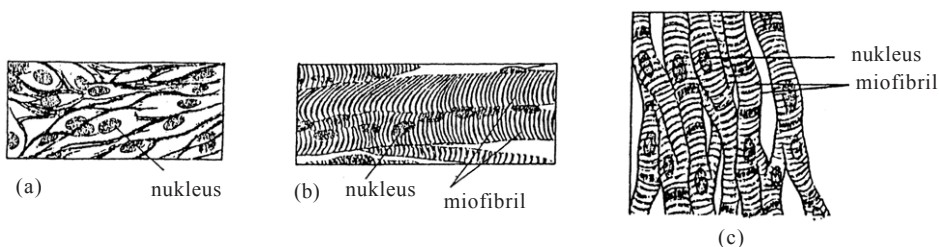
Tulang sebagai alat gerak tidak dapat berfungsi, jika tidak digerakkan oleh otot. Semua gerakan organ tubuh disebabkan oleh kerja otot. Otot dapat menggerakkan organ tubuh karena mempunyai kemampuan berkontraksi. Oleh karena itu, otot disebut *alat gerak aktif*, sedangkan tulang sebagai alat *gerak pasif*.

Otot mempunyai tiga karakter, yaitu *kontraktibilitas*, *ekstensibilitas*, dan *elastisitas*. *Kontraktibilitas* merupakan kemampuan otot mengadakan perubahan menjadi lebih pendek dari ukuran semula.

Hal itu terjadi, jika otot sedang melaksanakan kegiatan. *Ekstensibilitas* merupakan kebalikan dari kontraktibilitas, yaitu otot mengalami pemanjangan dari ukuran semula. *Elastisitas* merupakan kemampuan otot untuk dapat kembali ke ukuran semula setelah mengalami kontraksi atau ekstensi. Pada saat kembali ke ukuran semula, otot dikatakan dalam keadaan relaksasi.

1. Jenis-jenis Otot

Menurut bentuk morfologi, cara kerja, dan lokasinya dalam tubuh, otot dibedakan menjadi tiga macam, yaitu otot polos, otot lurik, dan otot jantung.

Sumber: *Biologi,* 1994

▲ Gambar 2.15 Jenis-jenis otot: a. Otot lurik; b. Otot jantung; c. Otot polos

a. Otot Polos

Otot polos disebut juga otot tak sadar atau otot alat dalam. Sel-sel penyusun jaringan otot polos berbentuk seperti gelendong dan hanya mempunyai sebuah inti yang terletak di bagian tengah sel.

Otot polos juga mempunyai karakteristik lain, yakni tidak melekat pada tulang, aktivitasnya lebih lambat, mampu berkontraksi dalam jangka waktu yang lama dan tidak mudah lelah, serta gerakannya bergerak di bawah kendali saraf tak sadar (saraf otonom). Otot polos terdapat pada dinding organ-organ tubuh bagian dalam (selain jantung), seperti lambung, usus, ovarium, pembuluh darah, dan paru-paru.

b. Otot Lurik

Otot lurik disebut juga otot rangka atau otot seran lintang. Otot rangka mempunyai hubungan dengan tulang penyusun rangka dan berfungsi untuk menggerakkan tulang. Otot lurik mempunyai ciri-ciri, sel-selnya berbentuk silinder atau seperti tabung. Jika diamati di bawah mikroskop nampak gelap terang dan setiap sel mempunyai banyak inti yang terletak di tepi sel. Berdasarkan fungsinya otot rangka juga disebut otot sadar, karena gerakan otot tersebut dikendalikan oleh saraf sadar. Jadi, otot tersebut dapat berkontraksi sesuai dengan kehendak kita.

Serabut-serabut otot bergabung membentuk kumpulan serabut otot, kemudian menggabung lagi menjadi otot yang disebut daging. Setiap gabungan tersebut dilindungi oleh selaput atau *fasia*.

Gabungan otot tersebut umumnya berbentuk kumparan dan terdiri atas beberapa bagian. Bagian tengah yang menggembung disebut *empal* atau *ventrikel* dan kedua ujungnya yang mengecil disebut *tendon*. Tendon atau disebut juga urat otot tersusun dari jaringan ikat yang bersifat keras dan liat.

c. Otot Jantung

Otot jantung hanya terdapat pada organ jantung. Struktur otot jantung hampir sama dengan otot rangka, hanya saja serabut-serabutnya bercabang dan saling beranyam serta mempunyai inti sel di tengah serabut.

Otot jantung bekerja di luar kehendak kita (di luar perintah otak), tetapi dipengaruhi oleh saraf otonom (saraf tak sadar). Gerakan otot jantung teratur dan tahan terhadap kelelahan. Otot tersebut bekerja seumur hidup manusia. Jadi, otot jantung merupakan otot yang istimewa, karena strukturnya, seperti otot rangka tetapi cara kerjanya seperti otot polos.

2. Kerja Otot

Tulang-tulang rangka dapat bergerak karena adanya otot yang berkontraksi. Otot berkontraksi karena dirangsang oleh saraf. Rangsangan tersebut dapat berupa panas, dingin, zat kimia, sentuhan, dan arus listrik.

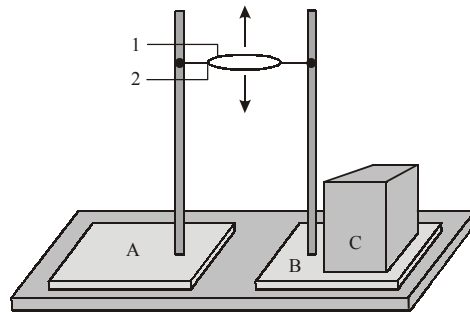
Untuk melakukan kontraksi, otot memerlukan energi. Energi yang diperlukan otot berasal dari energi yang tersimpan di dalam sel-sel otot. ATP (*Adenosin Tri Phosphat*) merupakan sumber energi utama untuk kontraksi otot. ATP berasal dari oksidasi (pembakaran) karbohidrat dan lemak.

Untuk lebih memahami sistem kerja otot lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Tujuan:
1. Menjelaskan cara kerja otot.
2. Menyebutkan ciri-ciri otot yang sedang berkontraksi.

Alat dan Bahan
1. Statif dua buah
2. Beban satu buah
3. Tali (benang kasur) secukupnya

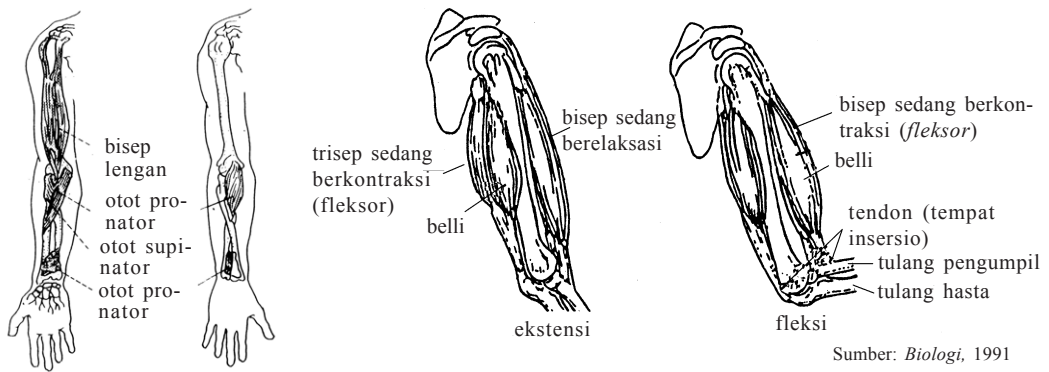
Cara Kerja
1. Letakkan dua buah statif di atas meja kerjamu, kemudian hubungkan kedua ujungnya dengan tali, seperti terlihat pada gambar.
2. Tariklah kedua tali ke atas dan ke bawah (sesuai tanda panah pada gambar), kemudian lepaskan secara perlahan.

3. Amati hasil eksperimenmu dan catatlah hasilnya pada sebuah tabel di buku kerjamu.

Pertanyaan

1. Apakah yang dimaksud kontraksi otot?
2. Ciri apa yang dapat kamu amati pada otot yang sedang berkontraksi?
3. Apakah yang dimaksud relaksasi?
4. Ciri apa yang dapat kamu temukan pada otot yang sedang relaksasi?
5. Kesimpulan apa yang dapat kamu peroleh dari eksperimen tersebut?

Untuk menggerakkan tulang, otot rangka tidak bekerja sendiri-sendiri, tetapi bekerja secara kelompok dari dua otot atau lebih. Sifat kerjanya ada yang saling berlawanan (antagonis), ada juga yang saling membantu (sinergis).

a. Otot Antagonis

Otot antagonis adalah dua otot atau lebih yang bekerja pada suatu sendi dan saling berlawanan arahnya sehingga gerakannya saling menghambat. Jika salah satu otot berkontraksi, otot lainnya akan relaksasi. Contoh otot antagonis adalah otot lengan atas yang berfungsi menggerakkan lengan bawah. Untuk mengangkat lengan bawah atau menurunkannya diperlukan dua otot rangka, yaitu otot bisep dan otot trisep. Otot bisep berada pada lengan atas bagian depan, sedangkan otot trisep berada pada lengan atas bagian belakang. Jika otot bisep berkontraksi otot trisep akan relaksasi, sehingga lengan bawah terangkat. Adapun jika otot trisep berkontraksi, otot bisep akan relaksasi, sehingga lengan bawah turun atau lurus kembali.

Gambar 2.16 Mekanisme antagonistik

Efek kerja otot antagonis dapat dibedakan sebagai berikut.

1) *Fleksor* (membengkokkan) dan *ekstensor* (meluruskan), misalnya terjadi pada otot bisep dan trisep, seperti contoh di atas.
2) *Abduktor* (menjauhkan badan) dan *adductor* (mendekati badan), misalnya gerak tangan sejajar bahu dan sikap sempurna.
3) *Depresor* (ke bawah) dan *elevator* (ke atas), misalnya gerak kepala merunduk dan menengadah.
4) *Supinator* (menengadah) dan *pronator* (menelungkup), misalnya gerak telapak tangan menengadah dan gerak telapak tangan menelungkup.

b. Otot Sinergis

Otot sinergis adalah dua otot atau lebih yang bekerja pada satu sendi dan saling membantu sehingga memberikan gerakan searah. Misalnya *otot pronator* yang bekerja secara sinergis pada saat kita menggerakkan telapak tangan menelungkup dan menengadah. Contoh lainnya adalah otot bisep lengan atas dan otot pengangkat lengan atas yang menyebabkan gerakan membengkokkan lengan bawah.

3. Kelainan dan Penyakit pada Otot

Kelainan yang terjadi pada otot dapat mengganggu sistem gerak pada manusia. Kelainan dan penyakit pada otot, antara lain sebagai berikut.

a. Atrofi Otot

Atrofi otot merupakan penurunan fungsi otot karena otot mengecil atau kehilangan kemampuan berkontraksi. Atrofi dapat disebabkan oleh penyakit *poliomielitis.* Poliomielitis merusakkan saraf yang mengoordinasi otot. Jaringan otot yang mengalami atrofi akan mengalami pengurangan ukuran sampai dengan 25% dari ukuran semula. Atrofi dapat pula terjadi karena keadaan (sakit) tertentu sehingga seseorang harus istirahat di tempat tidur dalam waktu yang lama. Atrofi otot dapat diperkecil dengan cara memberikan stimulasi listrik, pemijatan, atau dengan latihan-latihan khusus.

b. Hipertrofi Otot

Hipertrofi otot merupakan kebalikan atrofi, yaitu otot menjadi besar dan menjadi lebih kuat. Hal itu terjadi karena aktivitas otot yang berlebih (misalnya karena bekerja atau latihan olahraga).

c. Hernia Abdominal

Hernia abdominal terjadi apabila dinding otot abdominal (bagian perut) sobek pada bagian yang lemah. Akibatnya, usus menjadi melorot ke bawah masuk ke dalam rongga perut.

d. Kelelahan Otot

Kelelahan otot terjadi karena otot terus-menerus melakukan aktivitas. Pada puncaknya terjadi kram atau kekejangan, yaitu otot tidak mampu lagi berkontraksi dan menimbulkan kesakitan.

e. Kaku Leher (*Stiff*)

Stiff terjadi karena peradangan otot trapesius leher. Kaku leher (*sloff*) terjadi karena kesalahan gerak, sehingga leher menjadi sakit dan terasa kaku, jika digerakkan.

f. Tetanus

Tetanus merupakan penyakit yang menyebabkan otot menjadi kejang. Tetanus terjadi karena toksin bakteri tetanus (*Clostridium tetani*) yang berbentuk basil masuk ke dalam luka.

g. Distrofi Otot

Distrofi otot merupakan penyakit kronis pada otot sejak anak-anak. Distrofi otot diduga merupakan penyakit genetis (bawaan).

h. Miestenia Gravis

Miestenia gravis adalah melemahnya otot secara berangsur-angsur sehingga menyebabkan kelumpuhan bahkan kematian. Penyebabnya belum diketahui secara pasti, diduga berkaitan dengan penurunan kekebalan tubuh dan berkaitan pula dengan kelenjar tiroid. Kondisi yang paling berbahaya adalah jika *paralysis* (kelumpuhan) otot terjadi pada otot-otot yang mendukung sistem pernapasan.

Tugas Individu

(Rasa Ingin Tahu dan Mencari Informasi Lebih Jauh)

Lakukan studi tentang penyakit polio ke lembaga kesehatan terdekat, seperti Puskesmas, kemudian catatlah hasilnya dengan format sebagai berikut.

a. Penyebab
b. Gejala yang timbul
c. Cara menanggulangi
d. Cara mencegah
e. Kesimpulan

5. Cara Memelihara Kesehatan Otot

Untuk memelihara kesehatan otot, banyak hal yang dapat kamu lakukan. Cobalah untuk melakukan hal-hal berikut.

a. Olahraga Teratur

Olahraga secara teratur, seperti sepeda santai, jalan pagi, lari pagi, dan aktivitas lainnya dapat membuat tubuh kita berkeringat, sehingga menjadikan otot-otot berfungsi dengan baik dan tubuh kita segar.

b. Senam Pagi

Senam pagi di sekolah dengan iringan musik juga termasuk salah satu bentuk olahraga yang baik untuk menjaga agar tubuh kita tetap bugar.

c. Senam Aerobik

Senam aerobik pada prinsipnya sama dengan senam pagi. Senam aerobik sangat baik untuk membakar lemak tubuh dan menjaga otot agar tetap sehat.

d. Body Building

Body building seperti yang biasa dilakukan oleh para binaragawan bertujuan untuk melatih tubuh agar bentuknya menjadi indah.

Tugas Kelompok

(Berpikir Kritis dan Mengembangkan Kecakapan Sosial)

Untuk lebih memahami ciri-ciri otot yang berkontraksi, lakukanlah kegiatan berikut.

a. Rentangkanlah tangan kirimu, perhatikan otot lengan atas bagian depan, kemudian tekanlah dengan tangan kananmu.
b. Selanjutnya ambillah buku yang agak tebal dengan tangan kirimu. Kemudian angkatlah lengan bawahmu secara perlahan-lahan dan perhatikan kembali bagian depan dari otot lengan atasmu, tekanlah otot tersebut dengan tangan kananmu.

Bandingkanlah hasilnya.

Pertanyaan:

1. Kegiatan manakah yang menunjukkan adanya kontraksi otot?
2. Bagaimana ciri otot yang sedang berkontraksi tersebut? Diskusikanlah dengan teman-temanmu.

Latihan

1. Mengapa otot disebut sebagai alat gerak aktif sedangkan tulang disebut sebagai alat gerak pasif?
2. Jika kamu ingin menjadi pemain sepak bola yang baik, otot manakah yang paling penting untuk kamu latih? Mengapa?
3. Apa perbedaan antara otot polos dan otot lurik dilihat dari struktur dan cara kerjanya?
4. Apakah perbedaan otot antagonis dan otot sinergis? Berilah contohnya.
5. Sebutkan empat contoh kelainan dan gangguan pada otot yang pernah kamu lihat dan jelaskan cara mengatasinya.

Rangkuman

1. Otot disebut sebagai alat gerak aktif karena mampu berkontraksi sehingga mampu menggerakkan tulang, sedangkan tulang disebut sebagai alat gerak pasif karena hanya mengikuti kendali otot.
2. Sistem gerak pada manusia merupakan hasil dari kerja sama yang baik dari berbagai organ, seperti rangka (tulang), otot, sendi, dan saraf.
3. Selain sebagai alat gerak pasif, rangka manusia berfungsi sebagai penegak tubuh, tempat melekatnya otot-otot, memberi bentuk tubuh, membentuk sel-sel darah merah (pada sumsum merah), dan melindungi organ-organ di dalamnya.
4. Berdasarkan jaringan penyusun dan sifat-sifat fisiknya, tulang digolongkan menjadi dua jenis, yaitu tulang rawan (*kartilago*) dan tulang keras (*osteon*).
5. Menurut bentuknya, tulang rangka dibedakan menjadi tiga, yaitu tulang pipa atau tulang panjang, tulang pipih, dan tulang pendek.
7. Berdasarkan sifat gerakannya, sendi dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu sendi mati (*sinartrosis*), sendi kaku (*amfiartrosis*), dan sendi gerak (*diartrosis*).
8. Berdasarkan arah gerakannya, sendi gerak dapat dibedakan menjadi *sendi peluru, sendi engsel, sendi geser, sendi putar,* dan *sendi pelana.*
9. Menurut bentuk morfologi, cara kerja, dan lokasinya dalam tubuh otot dibedakan menjadi tiga macam, yaitu *otot polos*, *otot lurik*, dan *otot jantung*.
10. Untuk menggerakkan tulang, otot rangka tidak bekerja sendiri-sendiri, tetapi secara kelompok dari dua otot atau lebih. Sistem kerjanya ada yang saling berlawanan (antagonis), dan ada yang saling membantu (sinergis).
11. Kelainan dan penyakit pada sistem gerak dapat bersumber dari dua hal, yaitu gangguan yang ditimbulkan oleh subsistem rangka dan gangguan yang ditimbulkan oleh subsistem otot. Kelainan dan penyakit pada rangka dapat berupa gangguan pada tulang, persendian, dan kelainan lain yang disebabkan oleh penyakit. Kelainan pada otot, antara lain atrofi, hipertrofi, dan kaku leher.

Refleksi

Setelah mempelajari mengenai Sistem Gerak pada Manusia, kamu tentu sudah memahami dan dapat menjelaskan kembali tentang rangka dan otot serta kelainan serta penyakit pada rangka dan otot.

Apabila terdapat hal-hal yang menurut kamu belum jelas atau kurang dapat dipahami, pelajari kembali materi ini secara cermat. Carilah referensi materi pendukung melalui majalah, artikel, maupun internet, serta diskusikan dengan bimbingan gurumu.

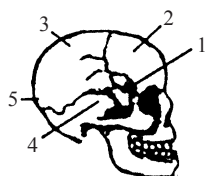
aktin dan miosin : protein yang terdapat di dalam otot.
cakra epifise : bagian antara diafise dan epifise pada tulang pipa.
insersio : tendon yang melekat pada tulang yang bergerak ketika otot berkontraksi.
kartilago : tulang rawan.
kondrosit : sel-sel tulang rawan.
kontraksi otot : otot dalam keadaan bekerja, membesar, memendek, dan mengeras.
ligamen : pembalut kuat yang tersusun dari jaringan ikat, atau pembalut elastik yang membentuk sendi.
matriks : materi yang dikeluarkan oleh sekeliling sel.
minyak sinovial : cairan sendi.
sendi : hubungan antartulang yang memungkinkan adanya gerakan.
tendon : jaringan ikat padat yang menghubungkan antara tulang dengan otot.

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

1. Atas dasar bahan penyusunnya, tulang dibedakan menjadi dua, yaitu ....
   a. tulang pipa dan tulang keras
   b. tulang keras dan tulang rawan
   c. tulang rawan dan tulang pipih
   d. tulang pendek dan tulang pipa
2. Perhatikan nama tulang berikut.
   1) Tulang dahi
   2) Tulang belikat
   3) Tulang rusuk
   4) Tulang pengumpil
   5) Tulang betis
   6) Tulang kering

   Yang termasuk tulang pipa adalah ....
   a. 1, 2, dan 3 c. 2, 5, dan 6
   b. 1, 3, dan 4 d. 4, 5, dan 6
3. Ruas-ruas tulang belakang yang paling besar adalah ….
   a. ruas tulang leher
   b. ruas tulang punggung
   c. ruas tulang pinggang
   d. ruas tulang kelangkang
4. Menurut bentuknya tulang tengkorak termasuk tulang ....
   a. pipa c. pendek
   b. pipih d. keras

5. Perhatikan gambar berikut.

Tulang dahi dan tulang ubun-ubun ditunjukkan oleh nomor ....
a. 2 dan 1
b. 2 dan 4
c. 3 dan 5
d. 4 dan 5

6. Tulang yang terberat dan terpanjang pada tubuh manusia adalah tulang ....
a. hasta
b. paha
c. betis
d. pengumpil

7. Bagian tengah tulang pipa berisi ....
a. sumsum kuning dan lemak
b. sumsum kuning
c. lemak
d. sumsum merah dan lemak

8. Perhatikan pernyataan berikut.
(1) alat gerak aktif
(2) tempat melekatnya otot
(3) penegak tubuh
(4) pemberi bentuk tubuh
Pernyataan yang merupakan fungsi rangka manusia adalah ....
a. 1, 2, dan 3
b. 1 dan 3
c. 2 dan 4
d. hanya 4

9. Perhatikan gambar berikut.

Gambar yang menunjukkan sketsa sendi peluru adalah ….
a. I
b.II
c. III
d. IV

10. Sendi peluru terdapat pada hubungan antara tulang ....
a. hasta dengan tulang pengumpil
b. paha dengan tulang pemutar
c. paha dengan gelang bahu
d. paha dengan gelang panggul

11. Ciri orang yang mengalami skoliosis, antara lain ....
a. tulang dursal perut membengkok ke depan
b. tulang punggung melengkung ke belakang
c. tulang belakang bagian punggung membengkok ke kiri atau ke kanan
d. kaki kiri dan kaki kanan tidak sama panjang

12. Kelainan pada tulang berikut yang disebabkan karena gangguan mekanik adalah ....
a. artritis
b. kifosis
c. rakitis
d. fraktura

13. Salah satu perbedaan otot polos dengan otot lurik adalah ....
a. otot polos bentuknya serabut memanjang, otot lurik bentuknya gelendong
b. otot polos berinti banyak, otot lurik berinti satu
c. otot polos bekerja di bawah kesadaran, otot lurik bekerja di luar kesadaran
d. reaksi otot polos terhadap rangsang lambat, reaksi otot lurik terhadap rangsang cepat

14. Untuk mengangkat lengan bawah ke atas sehingga tangan membengkok, maka ....
a. otot bisep dan trisep relaksasi
b. otot bisep dan otot trisep berkontraksi
c. otot bisep relaksasi, sedangkan otot trisep berkontraksi
d. otot bisep berkontraksi, otot trisep relaksasi

15. Adanya kemampuan berkontraksi, maka otot merupakan alat ....
a. gerak aktif
b. gerak pasif
c. pelindung tubuh
d. penerima rangsang

B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.

1. Sebutkan fungsi rangka manusia.
2. Jelaskan perbedaan antara tulang keras dan tulang rawan.
3. Sebut dan jelaskan tiga macam sendi menurut sifat gerakannya.
4. Jelaskan perbedaan antara otot polos dan otot lurik berdasarkan bentuk, jumlah dan letak inti, dan sifat kerja.
5. Jelaskan proses kerja otot bisep dan trisep dalam menggerakkan lengan bawah.

Bab 3

SISTEM PENCERNAAN PADA MANUSIA

Sumber: *Dokumen Penerbit*

Pada saat perut lapar, kita biasanya segera mencari makanan. Makanan itu dapat menghilangkan rasa lapar. Beberapa saat setelah makan, kita biasanya ingin ke kamar kecil.

Fenomena seperti hal di atas dapat kamu pelajari dalam bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan sistem pencernaan dan kelainan/penyakit sistem pencernaan pada manusia.

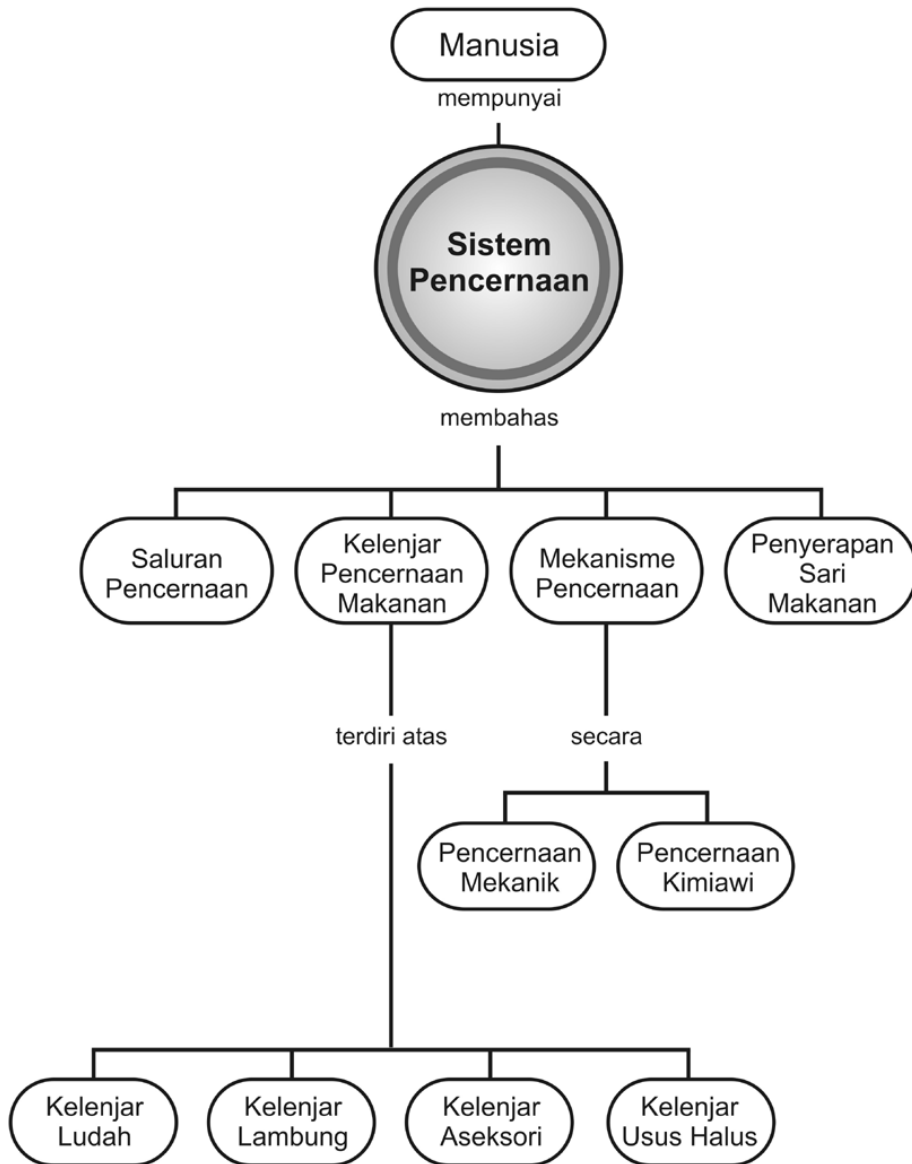
❖ Pretest ❖

1. Saluran pencernaan manakah yang pertama kali dilewati makanan?
2. Bagaimanakah cara mengatasi sembelit?

❖ Kata-Kata Kunci ❖

- esofagus
- ventrikulus
- kolon
- kelenjar ludah
- pencernaan mekanik
- pencernaan kimia

Peta Konsep

Manusia
mempunyai
Sistem Pencernaan
membahas
Saluran Pencernaan
Kelenjar Pencernaan Makanan
Mekanisme Pencernaan
Penyerapan Sari Makanan
terdiri atas
secara
Pencernaan Mekanik
Pencernaan Kimiawi
Kelenjar Ludah
Kelenjar Lambung
Kelenjar Aseksori
Kelenjar Usus Halus

Setiap organisme memerlukan makanan untuk hidupnya. Bahan makanan yang dimakan tidak dapat langsung diserap oleh tubuh, tetapi harus dicerna dahulu menjadi zat-zat makanan yang sederhana.

A. SISTEM PENCERNAAN

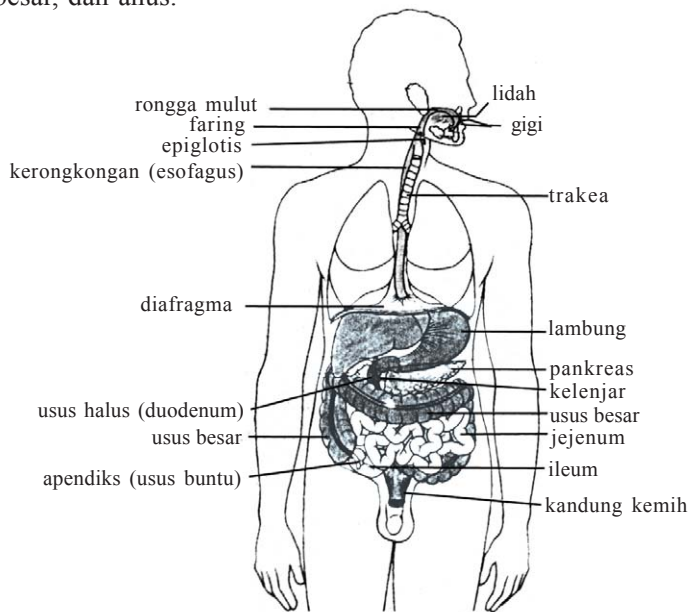
Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *membedakan antara saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan pada manusia;*
- *mendeskripsikan jenis makanan berdasarkan kandungan zat yang ada di dalamnya;*
- *membandingkan pencernaan mekanik dan kimiawi.*

Sistem pencernaan manusia terdiri atas saluran pencernaan dan kelenjar-kelenjar yang berperan dalam proses pencernaan. Saluran pencernaan merupakan alat yang dilalui oleh bahan makanan. Adapun kelenjar pencernaan merupakan bagian yang mengeluarkan enzim untuk membantu mencerna makanan.

1. Saluran Pencernaan

Saluran pencernaan manusia sangat panjang, yaitu sekitar 9 meter. Dapatkah kamu menjelaskannya, mengapa saluran pencernaan yang sepanjang itu dapat tertata rapi di dalam tubuh?

Saluran pencernaan makanan tersusun dari atas ke bawah meliputi rongga mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, dan anus.

Sumber: *Biologi,* 1996

▲ Gambar 3.1 Sistem pencernaan manusia

a. Rongga Mulut

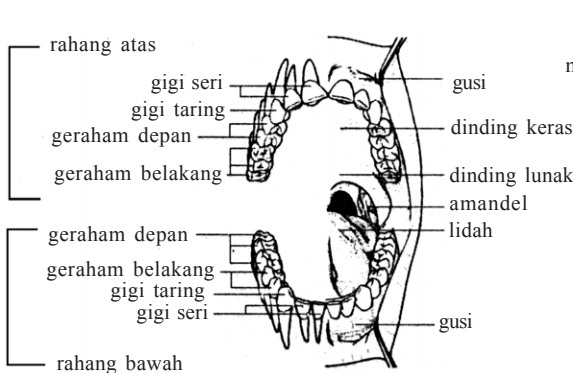
Rongga mulut dibatasi oleh sel-sel epitelium pipih. Di dalam rongga mulut terdapat alat-alat yang berguna untuk pencernaan secara mekanik maupun khemis. Alat pencernaan mekanik terdiri atas gigi dan lidah, sedangkan alat pencernaan khemis berupa kelenjar ludah.

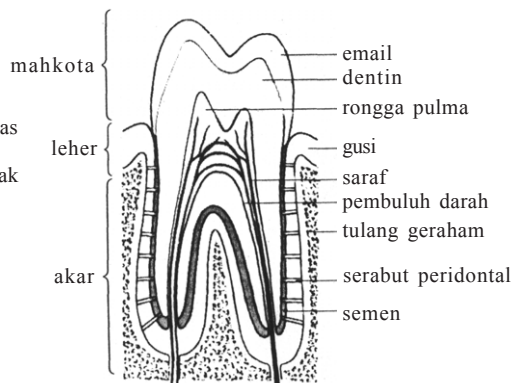
Gigi manusia mulai tumbuh pada saat usia 6 bulan. Gigi yang pertama kali tumbuh disebut gigi susu (*dens lakteus*). Selanjutnya secara berturut-turut diikuti dengan tumbuhnya gigi sulung (*dens desidui*). Pada umur 6 tahun, gigi anak berjumlah 20 buah, yaitu 8 buah gigi seri, 4 buah gigi taring, dan 8 buah gigi geraham kecil. Gigi seri berfungsi untuk memotong makanan, gigi taring berfungsi untuk merobek makanan, dan gigi geraham berfungsi untuk mengunyah makanan.

Sejak anak berumur 6 sampai 14 tahun gigi susu mulai tanggal dan secara berturut-turut diganti oleh gigi tetap (permanen) yang jumlahnya sama dengan gigi sulung ditambah 12 geraham besar.

Tiap-tiap gigi terpancang pada rahang dan dilindungi oleh gusi. Setiap gigi terdiri atas mahkota gigi (*corona dentis*), leher gigi (*cervix dentis*), dan akar gigi (*radix dentis*). Mahkota gigi terletak menonjol di atas gusi. Pada mahkota gigi dilapisi oleh email yang putih dan keras yang terbuat dari zat dentin. Email merupakan struktur yang paling keras dari tubuh, mengandung 97% kalsium dan 3% bahan organik. Leher gigi merupakan bagian gigi yang berada di dalam gusi, sedangkan akar gigi merupakan bagian gigi yang tertanam di dalam rahang. Bagian luar akar gigi dilapisi semen. Pembuluh darah dan saraf terdapat pada rongga gigi (*pulpa*).

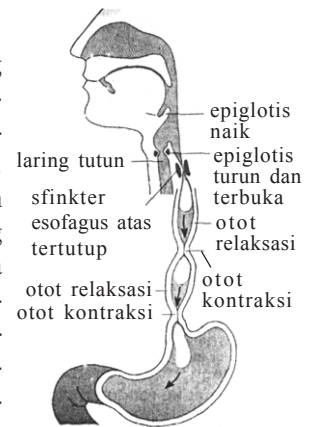
Lidah tersusun oleh otot lurik yang diselubungi oleh selaput mukosa. Pada lidah terdapat papila (tonjolan) yang di antaranya merupakan indra pengecap. Gerakan lidah berfungsi untuk membantu mencampur makanan dengan ludah dan mendorong makanan masuk kerongkongan.

Ludah (*saliva*) dihasilkan oleh kelenjar ludah yang berjumlah tiga pasang. Ketiga pasang kelenjar ludah tersebut menghasilkan 2,5 liter ludah setiap hari. Ludah mengandung enzim ptilain yang berfungsi merubah zat tepung menjadi gula (maltosa).

Sumber: *Biologi,* 1996

▲ Gambar 3.2 Susunan gigi manusia dalam rongga

Sumber: *Biologi,* 1996

▲ Gambar 3.3 Penampang membujur gigi

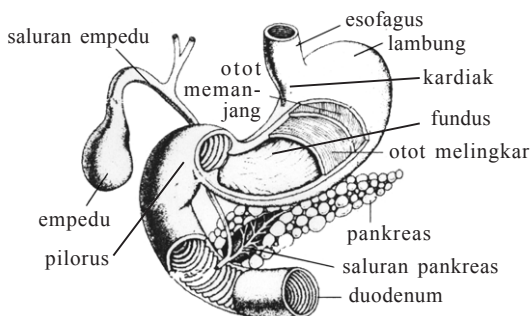
b. Kerongkongan (*Esofagus*)

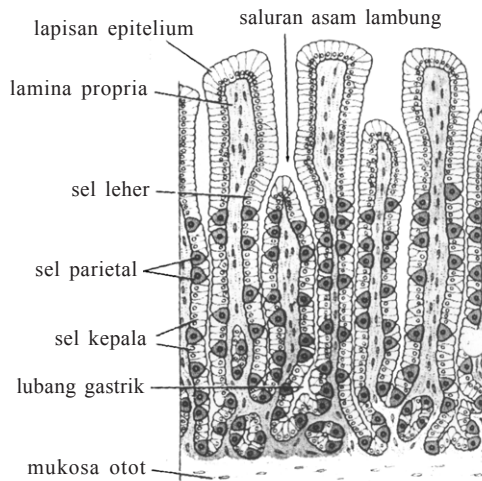
Kerongkongan (*esofagus*) merupakan saluran penghubung rongga mulut dan lambung. Hulu kerongkongan (*faring*) merupakan persimpangan antara saluran pernapasan dan saluran pencernaan. Pada pangkal *faring* terdapat katup yang disebut *epiglotis*. *Epiglotis* akan menutup saluran pernapasan apabila ada makanan yang menunju kerongkongan. Kerongkongan terletak di belakang tenggorokan. Kerongkongan berupa tabung otot yang panjangnya kira-kira 20 cm dan lebarnya lebih kurang 2 cm. Kerongkongan terdiri atas sepertiga otot lurik dan dua pertiga otot polos yang memungkinkan gerakan peristaltik, yaitu gerakan meremas dan mendorong. Fungsi kerongkongan untuk jalan makanan yang telah dikunyah dari mulut menuju ke dalam lambung. Bagian dalam kerongkongan selalu basah dengan cairan yang licin. Cairan tersebut dihasilkan oleh kelenjar-kelenjar yang dihasilkan oleh dinding kerongkongan. Cairan itu berfungsi untuk menjaga agar makanan menjadi basah dan licin, sehingga dapat mempermudah gerakan makanan menuju lambung.

Sumber: *Biologi,* 1996

▲ Gambar 3.4 Esofagus sebagai penghubung rongga mulut dan lambung

c. Lambung (*Ventrikulus*)

Lambung merupakan kantong berotot berbentuk seperti ketimun. Lambung terletak di rongga perut bagian atas kiri dan sebagian tertutup oleh organ-organ lainnya yang berdekatan. Lambung terdiri atas tiga bagian, yaitu bagian atas yang berdekatan dengan hati disebut *kardiak*, bagian tengah yang membulat disebut *fundus*, dan bagian bawah yang letaknya dekat usus disebut *pylorus*.

Dinding lambung tersusun atas tiga lapis otot, yaitu otot memanjang (bagian luar), otot melingkar (bagian tengah), dan otot miring (bagian dalam). Jika dinding lambung berkontraksi, otot-otot tersebut akan bergerak secara peristaltik mengaduk dan mencampur makanan dengan getah lambung. Sesudah kira-kira tiga jam, makanan akan menjadi bubur yang disebut *kim*. Kim bergerak sedikit demi sedikit ke usus halus melalui bagian ujung bawah lambung yang mempunyai otot melingkar (*sfinkter*) yaitu *pilorus*.

Sumber: *Biologi,* 1996

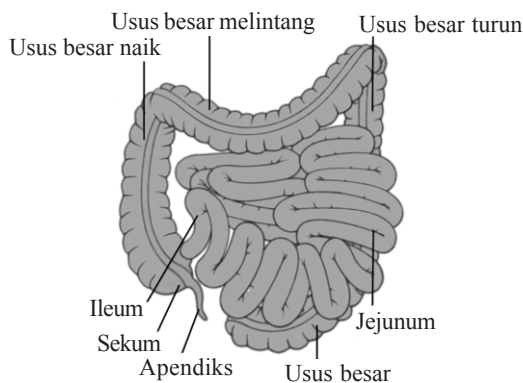
▲ Gambar 3.5 Struktur lambung manusia

Sumber: *Biologi,* 1996

▲ Gambar 3.6 Irisan melintang lambung

d. Usus Halus (*Intestinum*)

Usus halus merupakan tabung yang panjangnya kira-kira 6–8 meter. Usus halus terdiri atas tiga bagian, yaitu usus dua belas jari atau *duodenum* (± 25 cm), usus kosong atau *jejenum* (± 7 meter), dan usus penyerapan atau *ileum* (± 1 meter). Pankreas dan empedu bermuara pada usus 12 jari. Pada dinding usus halus terdapat jonjot-jonjot usus (*vili*) yang berisi pembuluh limfa dan pembuluh darah. Usus halus berfungsi menyempurnakan pencernaan dan menyerap sari makanan yang siap diedarkan oleh darah. Dinding usus halus menghasilkan enzim maltase, sukrase, dan laktase.

e. Usus Besar (*Kolon*)

Usus besar berukuran panjang sekitar 1 meter. Pada usus besar terdapat suatu penyempitan (lipatan-lipatan ke dalam) dan di antaranya terdapat tonjolan (lipatan-lipatan dan bergelembung). Di daerah pertemuan antara usus halus dan usus besar terdapat suatu penyempitan yang disebut *klep ileosekum* yang berfungsi untuk mencegah makanan kembali ke usus halus.

▲ Gambar 3.7 Usus besar

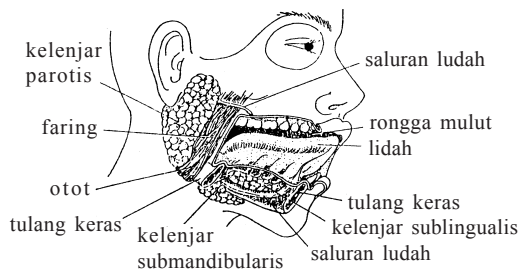
Sumber: *IPP,* 2002

Dalam sistem pencernaan manusia, kedudukan usus besar mula-mula naik, yaitu dimulai dari usus buntu, kemudian mendatar, dan akhirnya turun sampai poros usus (*rectum*). Usus besar naik disebut juga *kolon ascenden,* usus besar mendatar disebut juga *kolon transversum*, dan usus besar turun disebut juga *kolon descenden.* Fungsi usus besar adalah mengatur kadar air pada sisa makanan. Pada usus besar juga terjadi pembusukan sisa makanan oleh *bakteri coli*.

2. Kelenjar Pencernaan Makanan

Kelenjar pencernaan mempunyai fungsi untuk menghasilkan enzim-enzim pencernaan. Kelenjar-kelenjar pencernaan manusia sebagai berikut.

a. Kelenjar Ludah

Dalam mulut terdapat tiga pasang kelenjar ludah, penghasil ludah berbentuk cair dan getah yang mengandung air dan lendir. Ludah berfungsi untuk membasahi makanan di dalam mulut.

Sumber: *Biologi,* 1994

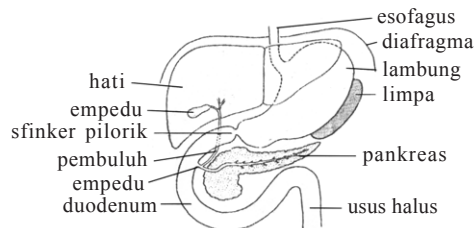
▲ Gambar 3.8 Kelenjar-kelenjar ludah

b. Kelenjar Lambung

Seluruh bagian dalam dinding lambung menghasilkan lendir atau *musin*, di bagian fundus menghasilkan getah lambung, dan di bagian fundus bawah menghasilkan asam klorida. Oleh getah lambung, makanan diubah menjadi, seperti bubur atau kim. Adanya asam lambung dapat membunuh kuman yang masuk ke dalam lambung bersama makanan dan juga menggiatkan getah lambung bekerja.

Getah lambung mengandung pepsinogen yang mula-mula belum aktif. Adanya HCl pepsinogen diaktifkan menjadi pepsin yang berfungsi memecah molekul protein menjadi proteosa dan pepton. Selain itu, juga terdapat enzim renin yang berfungsi menggumpalkan kasein dalam susu. Dinding lambung dilindungi oleh lendir atau mukosa yang cukup tebal, sehingga pengaruh getah lambung tidak merusak dinding lambung. Jika lambung kosong, getah lambung yang dihasilkan juga sedikit. Jika ada pengeluaran getah secara berlebihan, dinding lambung akan dapat rusak oleh getah tersebut, sehingga timbul luka-luka atau *ulkus*.

c. Kelenjar Aksesori

Kelenjar aksesori merupakan kelenjar yang terletak di luar saluran pencernaan makanan. Kelenjar tersebut meliputi hati (hepar), empedu, dan pankreas. Hati merupakan kelenjar pencernaan terbesar. Hepar terdapat di dalam rongga perut bagian atas kanan, di bawah diafragma. Hati menghasilkan cairan empedu yang ditampung di dalam kantung empedu. Cairan empedu berfungsi untuk mengemulsikan lemak di dalam makanan. Pankreas terletak di antara duodenum di belakang lambung. Pankreas menghasilkan enzim tripsin, amilase, dan lipase. Enzim tripsin untuk menguraikan protein menjadi asam amino. Enzim amilase mengubah karbohidrat menjadi glukosa. Enzim lipase menguraikan lemak menjadi gliserol dan asam lemak.

Sumber: *Biologi,* 1996

▲ Gambar 3.9 Hati dan pankreas

d. Kelenjar Usus Halus

Kelenjar-kelenjar yang terdapat pada dinding usus halus menghasilkan getah usus yang mengandung beberapa enzim, yaitu:

1) enzim maltase, mengubah maltosa menjadi dua molekul glukosa;
2) enzim sukrase, mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa;
3) enzim laktase, mengubah laktosa menjadi galaktosa dan glukosa;
4) enzim peptidase, mengubah polipeptida menjadi asam-asam amino.

3. Mekanisme Pencernaan

Mekanisme pencernaan dalam tubuh manusia dapat digolongkan menjadi dua, yaitu pencernaan mekanik dan pencernaan kimiawi. Pencernaan mekanik adalah proses pengubahan makanan dari bentuk yang besar atau kasar menjadi bentuk yang kecil atau halus. Pencernaan kimiawi adalah proses pengubahan makanan dari zat yang kompleks menjadi zat-zat yang lebih sederhana dengan bantuan enzim.

a. Pencernaan Mekanik

Pencernaan mekanik dapat berlangsung melalui proses:

1) Pengunyahan yang dilakukan gigi di rongga mulut.
2) Gerakan lambung menyebabkan makanan di dalam lambung seperti diaduk-aduk dan diremas-remas sampai menjadi bubur. Dengan adanya gerakan itu zat makanan bergerak di dalam saluran pencernaan.

b. Pencernaan Kimiawi/khemis

Proses pencernaan khemis dilakukan oleh enzim-enzim ataupun getah/cairan yang dikeluarkan oleh kelenjar-kelenjar pencernaan. Pencernaan khemis dimulai dari rongga mulut, yang dilakukan oleh kelenjar ludah yang mengandung enzim ptialin (amilase) untuk memecah amilum (pati). Pencernaan kimiawi juga berlansung di dalam lambung dan usus.

4. Penyerapan Sari Makanan

Setelah mengalami pencernaan makanan, zat makanan diserap untuk disirkulasikan ke jaringan tubuh melalui pembuluh darah dan limfa. Proses penyerapan makanan terjadi di usus halus secara absorbsi. Proses penyerapan sari makanan oleh dinding usus halus dibantu jonjot-jonjot usus (vila) sehingga permukaan bidang penyerapan makin luas.

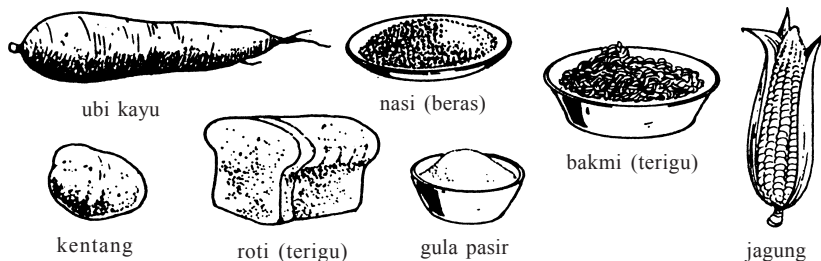
5. Zat Makanan dan Fungsinya

Zat-zat makanan dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu zat makanan makro (makronutrien) dan mikro (mikronutrien). Makronutrien terdiri atas karbohidrat, lemak, dan protein, sedangkan mikronutrien terdiri atas vitamin dan mineral di dalam tubuh.

Zat-zat makanan diperlukan oleh tubuh untuk pertumbuhan, pemeliharaan, perbaikan sel-sel yang rusak, dan penyediaan energi zat-zat makanan yang diperlukan oleh tubuh merupakan zat makanan yang bergizi.

Karbohidrat, lemak, protein, vitamin, dan mineral merupakan zat-zat makanan yang bergizi.

a. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan zat makanan yang molekulnya tersusun atas unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Karbohidrat mempunyai beberapa fungsi yaitu sebagai sumber energi, membantu proses metabolisme, menjaga keseimbangan asam basa, serta membantu pembentukan struktur sel, jaringan dan organ tubuh.

Sumber: *Kamus Visual*, 2004

▲ Gambar 3.10 Beberapa contoh bahan makanan sebagai sumber karbohidrat

b. Lemak

Lemak atau *lipid* merupakan zat makanan yang molekul-molekulnya tersusun atas unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Kadang-kadang juga terdapat fosfor (P) dan nitrogen (N).

Lemak termasuk senyawa organik yang tidak larut dalam air, tetapi larut dalam zat pelarut organik, seperti kloroform, eter, dan minyak tanah. Lemak mempunyai fungsi sebagai berikut.

a) Pembawa zat-zat makanan yang esensial, termasuk asam-asam lemak dan lemak pelarut vitamin A, D, E, dan K.
b) Sumber energi tetap, yang menyediakan ± 9,3 kilo kalori per gramnya.
c) Pelindung alat-alat tubuh dan melindungi tubuh dari kedinginan dan luka.

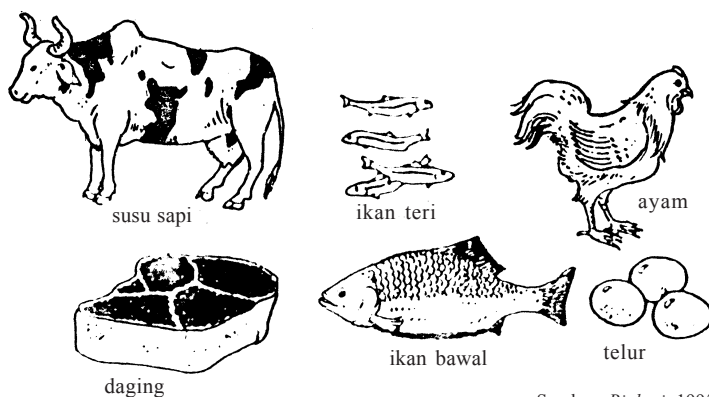
Sumber lemak dapat berupa hewan maupun tumbuhan. Sumber lemak hewan antara lain daging, telur, susu, dan ikan. Sumber lemak tumbuhan, antara lain kedelai, kacang tanah, mentega, kelapa, minyak kelapa.

c. Protein

Radar Sains

Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan protein sebagai zat pembangun antara lain berat badan, usia, jenis kelamin, sifat protein yang dimakan, status gizi makanan, mengandung dan menyusui, iklim, kondisi tubuh, status emosional, komponen makanan, dan penyakit.

Protein merupakan senyawa organik kompleks yang terdiri atas unsur-unsur C, H, O, N, dan kadang-kadang mengandung unsur S (belerang) dan P (fosfor). Menurut asalnya, protein dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu protein yang berasal dari hewan (protein hewani) dan protein yang berasal dari tumbuhan (protein nabati). Protein berperan penting dalam pertumbuhan, perbaikan, dan pemeliharaan struktur tubuh (sel, jaringan, dan organ).

susu sapi
ikan teri
ayam
daging
ikan bawal
telur

Sumber: *Biologi,* 1995

▲ Gambar 3.11 Beberapa contoh bahan makanan sebagai sumber protein hewani

Untuk membuktikan adanya protein, lemak, amilum, atau glukosa dalam suatu jenis makanan, lakukan kegiatan berikut secara kelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri atas 4 siswa; 2 laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 3.1

Tujuan: Membuktikan adanya protein, lemak, amilum atau glukosa dalam suatu jenis makanan.

Alat dan Bahan

1. Pensil berwarna
2. Empat buah tabung reaksi
3. Rak tabung reaksi
4. Kertas sampul (warna cokelat)
5. Pipet
6. Satu atau dua buah gelas piala (*beaker glass*) besar yang berisi air mendidih
7. Putih telur dari telur rebus
8. Minyak goreng
9. Larutan amilum
10. Larutan glukosa
11. Larutan biuret
12. Larutan yodium
13. Larutan Benedict's

Cara Kerja

1. Lakukan percobaan-percobaan berikut ini.

   a. Percobaan I (*Tes untuk Protein*)
   1) Sediakan 4 buah tabung reaksi dan berilah tanda nomor 1, 2, 3, dan 4.
   2) Ke dalam tabung reaksi nomor 1, masukkan sepuluh tetes larutan glukosa.
   3) Ke dalam tabung reaksi nomor 2, masukkan sepuluh tetes larutan amilum.
   4) Ke dalam tabung reaksi nomor 3, masukkan tiga irisan kecil putih telur dari telur rebus.
   5) Ke dalam tabung reaksi nomor 4, masukkan sepuluh tetes lemak (minyak goreng).
   6) Kemudian, tambahkan empat tetes larutan *biuret* ke dalam masing-masing tabung reaksi.

   b. Percobaan II (*Tes untuk Amilum*)
   1) Cucilah semua tabung reaksi yang telah digunakan untuk percobaan I.
   2) Siapkan lagi empat macam bahan makanan dengan cara seperti yang telah kamu kerjakan pada percobaan I.
   3) Kemudian, masukkan ke dalam masing-masing tabung reaksi tersebut 4 atau 5 tetes larutan yodium.

   c. Percobaan III (*Tes untuk Glukosa*)
   1) Cucilah semua tabung reaksi yang telah digunakan untuk percobaan II.
   2) Siapkan lagi empat macam bahan makanan dengan cara seperti yang telah kamu lakukan pada percobaan II.
   3) Kemudian masukkan ke dalam masing-masing tabung reaksi tersebut 10 tetes larutan Benedict's.
   4) Tempatkan keempat tabung reaksi tersebut ke dalam air panas dalam gelas piala.

d. Percobaan IV (*Tes untuk Lemak*)

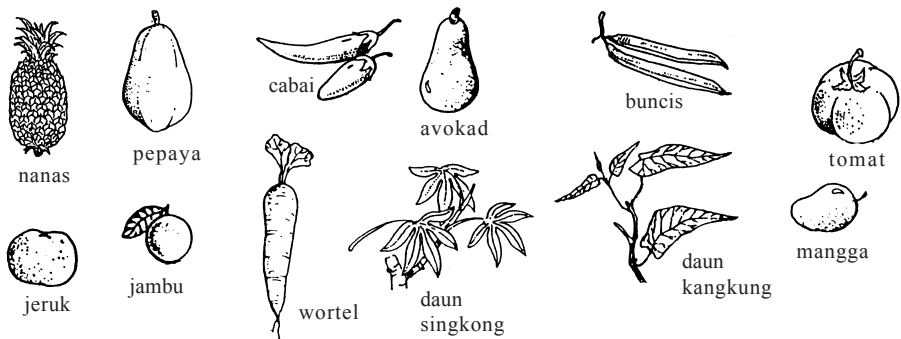
1) Sediakan selembar kertas sampul (warna cokelat).
2) Gosokkan sejumlah kecil dari masing-masing bahan makanan pada kertas sampul tersebut.
3) Tandailah masing-masing bekas bahan makanan pada lembaran kertas dan biarkan sampai kering.
4) Terawangkan kertas tersebut pada arah sinar datang dan amatilah pada tempat (bagian) bekas bahan makanan tersebut.

2. Catatlah hasil pengamatanmu dari percobaan a–d pada tabel di buku kerjamu.

Pertanyaan

1. Apakah yang dimaksud larutan indikator?
2. Larutan indikator apakah yang menunjukkan reaksi positif terhadap zat makanan berikut?
   a. Protein
   b. Amilum
   c. Glukosa
3. Warna apakah yang dihasilkan dari reaksi positif antara zat-zat makanan tersebut pada nomor 2 dengan larutan indikatornya?

d. Vitamin

Menurut sifat kelarutannya, vitamin dapat digolongkan menjadi dua, yaitu vitamin yang larut dalam air (vitamin C dan B) dan vitamin yang larut dalam lemak (vitamin A, D, E, dan K). Secara garis besar vitamin berfungsi untuk menjaga daya tahan tubuh.

Sumber: *Biologi,* 1995

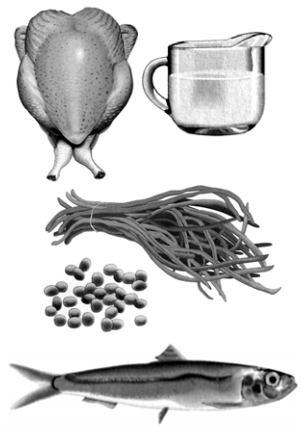
▲ Gambar 3.12 Beberapa contoh bahan makanan sebagai sumber vitamin

e. Mineral

Unsur-unsur mineral digolongkan menjadi dua, yaitu unsur-unsur makro (*makroelemen*) dan unsur-unsur mikro (*mikroelemen*).

Makroelemen merupakan unsur-unsur mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah besar. Unsur-unsur makro (makroelemen) meliputi natrium, kalium, kalsium, fosfor, magnesium, klor, dan belerang.

Mikroelemen merupakan unsur-unsur mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil. Mineral tersebut biasa disebut *trace element* atau unsur perunut. Misalnya seng (Zn) yang dapat membangun metabolisme protein, kobalt (Co) yang merupakan bagian dari vitamin B12, dan tembaga (Cu) untuk membuat hemoglobin.

Secara umum mineral memiliki dua fungsi, yaitu membangun dan mengatur. Fungsi membangun memengaruhi rangka dan semua jaringan lemak. Adapun fungsi mengatur meliputi bermacam-macam, misalnya denyut jantung pembekuan darah, pemeliharaan tekanan cairan tubuh bagian dalam, respon syaraf dan transportasi oksigen ke seluruh jaringan tubuh.

Sumber: *Kamus Visual*, 2004

▲ Gambar 3.13
Bahan makanan yang mengandung fosfor

Latihan

1. Apakah yang dimaksud saluran pencernaan? Sebutkan sedikitnya tiga contoh.
2. Apakah yang dimaksud kelenjar pencernaan? Sebutkan sedikitnya tiga contoh.
3. Apakah yang dimaksud kelenjar aksesori? Berilah contohnya.
4. Jelaskan perbedaan antara pencernaan mekanik dan pencernaan kimiawi.
5. Sebutkan fungsi karbohidrat. Berilah tiga contoh bahan makanan yang mengandung karbohidrat.

B. KELAINAN DAN PENYAKIT PADA SISTEM PENCERNAAN

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat: *menyebutkan contoh kelainan dan penyakit pada sistem pencernaan manusia yang biasa dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dan upaya mengatasinya.*

Gangguan pada alat pencernaan dapat menimbulkan efek yang kurang baik bagi kita. Kelainan dan penyakit pada sistem pencernaan, antara lain sebagai berikut.

1. Penyakit Gigi

Penyakit gigi disebabkan oleh keasaman akibat penguraian karbohidrat khususnya gula oleh bakteri di dalam mulut.

2. Hepatitis

Radang hati yang menular (*hepatitis*) merupakan infeksi virus pada hati. Hepatitis sering meluas melalui air atau makanan yang terkontaminasi oleh virus.

Tugas Individu

(Rasa Ingin Tahu dan Mencari Informasi Lebih Jauh)

Lakukan studi tentang diare ke lembaga kesehatan terdekat, jika ada seperti poliklinik dan puskesmas, kemudian catatlah hasilnya dengan format sebagai berikut.

1. Penyebab
2. Gejala yang timbul
3. Cara menanggulangi
4. Cara mencegah
5. Kesimpulan

3. Diare

Diare (mencret) dapat ditimbulkan karena adanya iritasi pada selaput dinding kolon oleh bakteri disentri, diet yang jelek, zat-zat beracun, rasa gelisah, atau makanan yang dapat menimbulkan iritasi pada dinding usus.

4. Konstipasi

Konstipasi atau sembelit terjadi karena penyerapan air di dalam usus besar terjadi secara berlebihan. Akibatnya feses menjadi sangat padat dan keras sehingga sulit dikeluarkan. Menahan buang air besar pada waktu-waktu yang normal dapat menyebabkan sembelit. Sembelit dapat juga disebabkan karena emosi, seperti gelisah, cemas, takut, atau stress. Untuk mencegah sembelit dianjurkan untuk buang air besar secara teratur tiap hari serta banyak makan sayur-sayuran dan buah-buahan.

5. Kanker Lambung

Gejala-gejala permulaan dari kanker lambung, antara lain merasa panas, kehilangan nafsu makan, ketidaksanggupan mencerna (salah cerna) berlangsung terus-menerus, sedikit rasa mual, rasa kembung, gelisah sesudah makan, dan kadang-kadang timbul rasa nyeri pada lambung.

6. Keracunan Makanan

Keracunan makanan biasanya disebabkan oleh bakteri yang terdapat di dalam makanan. Bakteri tersebut menghasilkan racun yang dapat membahayakan tubuh. Gejala-gejala keracunan makanan meliputi muntah-muntah, diare, nyeri (sakit) rongga dada dan perut, serta demam.

Radar Sains

Agar kelihatan menarik dan mengundang selera, makanan dan minuman sering diberi warna tertentu. Untuk keperluan tersebut para pedagang makanan kadang-kadang menggunakan pewarna tekstil, karena harganya lebih murah. Pewarna tekstil yang sering digunakan untuk memberi warna pada makanan sangat berbahaya bagi kesehatan, karena mengandung logam berat. Jika tubuh terlalu banyak mengonsumsi makanan yang mengandung zat warna beracun, berakibat rusaknya organ hati dan ginjal.

Latihan

1. Mengapa pada penderita kelainan fungsi hati diharuskan untuk menghindari makanan yang mengandung lemak dan memperbanyak yang mengandung gula?
2. Seorang penderita diare diberi obat oleh dokter berupa obat antibiotik dan vitamin B kompleks. Mengapa dokter memberikan vitamin tersebut? Jelaskan.

Rangkuman

1. Sistem pencernaan manusia terdiri atas saluran pencernaan dan kelenjar-kelenjar yang berperan dalam proses pencernaan. Saluran pencernaan merupakan alat yang dilalui oleh bahan makanan, sedangkan kelenjar pencernaan merupakan bagian yang mengeluarkan enzim untuk membantu mencerna makanan.
2. Saluran pencernaan makanan tersusun dari atas ke bawah meliputi rongga mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, dan anus.
3. Manusia mempunyai beberapa kelenjar pencernaan, ada yang terdapat di dalam saluran pencernaan dan ada yang di luar saluran pencernaan. Kelenjar-kelenjar tersebut adalah kelenjar ludah, kelenjar lambung, hati, pankreas, dan kelenjar usus halus.
4. Mekanisme pencernaan dalam tubuh manusia dapat digolongkan menjadi dua, yaitu *pencernaan mekanik* dan *pencernaan kimiawi*. Pencernaan mekanik adalah proses pengubahan makanan dari bentuk yang besar atau kasar menjadi bentuk yang kecil atau halus. Pencernaan kimiawi adalah proses pengubahan makanan dari zat yang kompleks menjadi zat-zat yang lebih sederhana dengan bantuan enzim.

Refleksi

Setelah mempelajari mengenai Sistem Pencernaan Pada Manusia, tentu kamu sudah memahami dan dapat menjelaskan kembali sistem pencernaan serta kelainan dan penyakit pada sistem pencernaan. Apabila kamu belum sepenuhnya memahami, pelajari kembali materi di atas dengan cermat, diskusikan dengan temanmu dan mintalah bimbingan gurumu.

Glosarium

amilase : enzim yang berperan mengubah amilum menjadi maltosa.

dentin : zat penyusun tulang gigi.

email : lapisan keras berwarna putih yang menutupi mahkota gigi.

feses : tinja/kotoran

fundus : bagian tengah lambung yang membulat.

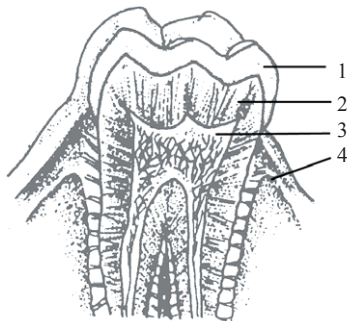
peristaltik : gerak otot-otot saluran pencernaan menyerupai gelombang untuk meremas dan mendorong makanan ke saluran makanan berikutnya.

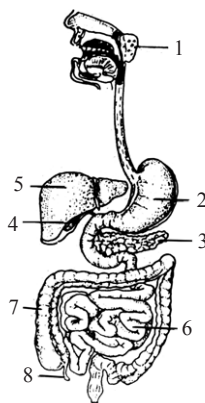
vili : jonjot-jonjot pada permukaan dalam dinding usus halus.

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

1. Saluran dari kantung empedu dan pankreas bermuara di ....
   a. kerongkongan
   b. lambung
   c. usus dua belas jari
   d. usus besar
2. Kelenjar ludah berperan dalam pencernaan makanan di ....
   a. mulut
   b. kerongkongan
   c. usus halus
   d. usus besar
3. Zat tepung merupakan zat yang tidak larut dalam air, tetapi makanan yang mengandung zat tepung dapat dimanfaatkan tubuh karena ....
   a. enzim lipase mengubah zat tepung menjadi zat gula
   b. adanya pencernaan mekanik
   c. adanya asam klorida dalam lambung
   d. enzim amilase mengubah zat tepung menjadi zat gula
4. Lambung merupakan salah satu alat pencernaan pada manusia. Lambung berfungsi untuk melumatkan makanan. Hal itu disebabkan ....
   a. adanya lapisan otot melingkar, memanjang, dan menyerong
   b. membuka menutupnya otot sfinkter yang menggunakan sifat alkalis usus
   c. dinding lambung dilapisi lendir yang cukup tebal
   d. otot pilorus yang mengerut apabila terkena rangsangan asam
5. Jika selaput kolon dirangsang oleh infeksi bakteri disentri, gerak peristaltik akan dipercepat sehingga menimbulkan buang air besar terus-menerus. Kelainan pencernaan tersebut dinamakan....
   a. diare
   b. defekasi
   c. apendiksitis
   d. konstipasi
6. Makanan sehari-hari yang tidak mengandung lemak tetap dapat menambah timbunan lemak dalam jaringan tubuh. Di antara pernyataan berikut yang dapat menjelaskan hal tersebut adalah ....
   a. protein diuraikan menjadi asam amino, dan selanjutnya diubah menjadi lemak
   b. lemak merupakan bahan cadangan yang berguna, karena melalui hidrolisis, lemak diuraikan menjadi gliserol dan asam lemak
   c. karbohidrat diuraikan menjadi gula, dan melalui proses tertentu kelebihan gula diubah menjadi lemak
   d. hanya sedikit karbohidrat disimpan sebagai glikogen
7. Sebelum amilum dapat digunakan sebagai sumber energi oleh sel, terlebih dahulu amilum harus diubah menjadi ....
   a. glikogen
   b. asam lemak
   c. asam amino
   d. glukosa

8. Untuk suatu eksperimen uji makanan, seorang siswa menggunakan *reagen* larutan lugol, biuret, fehling A dan B. Ia memperoleh perubahan warna kuning menjadi jingga waktu menguji amilum dengan larutan fehling A dan B.
   Penjelasan yang sesuai dengan hasil tersebut adalah ….
   a. amilum yang digunakan tidak dilarutkan dalam air panas
   b. siswa menggunakan larutan yang salah
   c. amilum telah tercemar dengan glukosa
   d. amilum merupakan polisakarida yang terbentuk dari monosakarida
9. Perhatikan gambar berikut.

   Adanya pembuluh darah dapat ditunjukkan pada bagian nomor ....
   a. 2 dan 3
   b. 3 dan 4
   c. 1 dan 3
   d. 1 dan 4

Untuk menjawab soal nomor 10–11, perhatikan gambar berikut.

10. Penyerapan sari makanan berlangsung pada bagian nomor ….
    a. 3
    b. 5
    c. 6
    d. 7
11. Larutan yang bersifat asam dihasilkan oleh bagian yang bernomor….
    a. 1
    b. 2
    c. 3
    d. 4
12. Apendiksitis adalah gangguan sistem pencernaan yang disebabkan ….
    a. infeksi pada usus buntu
    b. radang pada dinding lambung
    c. produksi saliva sangat sedikit
    d. rusaknya sel-sel kelenjar lambung
13. Tripsin adalah enzim pencernaan yang berfungsi mengubah protein menjadi ….
    a. asam amino
    b. asam lemak
    c. glukosa
    d. gliserol
14. Adanya vili pada permukaan dalam dinding usus halus menyebabkan ….
    a. sari makanan tidak terbuang ke usus besar
    b. penyerapan air sempurna
    c. permukaan usus halus bertambah luas
    d. sari makanan cepat terserap
15. Pencernaan protein di lambung dibantu oleh enzim ….
    a. tripsin, yang mengubah protein menjadi asam amino
    b. amilase, yang mengubah protein menjadi asam amino
    c. pepsin, yang mengubah protein menjadi pepton
    d. lipase, yang mengubah protein menjadi asam lemak

B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.

1. Jelaskan perbedaan antara gigi sulung dan gigi tetap.
2. Bagaimana langkah-langkah dalam proses menelan makanan.
3. Apa yang dimaksud defekasi dan bagaimana proses terjadinya?
4. Sebut dan jelaskan fungsi enzim yang dihasilkan oleh pankreas.
5. Sebutkan empat contoh kelainan dan penyakit pada sistem pencernaan manusia. Bagaimana cara mengatasinya.

Bab 4

SISTEM PERNAPASAN PADA MANUSIA

Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

Setiap saat kita membutuhkan energi untuk aktivitas hidup. Tubuh mendapatkan energi dari makanan yang kita makan. Dalam proses pernapasan kita akan menghirup oksigen yang berfungsi untuk mengoksidasi zat makanan dalam sel-sel tubuh. Peristiwa tersebut selain berfungsi menghasilkan energi, juga menghasilkan zat sisa berupa karbon dioksida dan uap air.

Fenomena proses pernapasan pada manusia dapat kamu pelajari dalam bab ini. Pada bab ini kamu juga akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan sistem pernapasan dan gangguan/kelainan pada sistem pernapasan pada manusia.

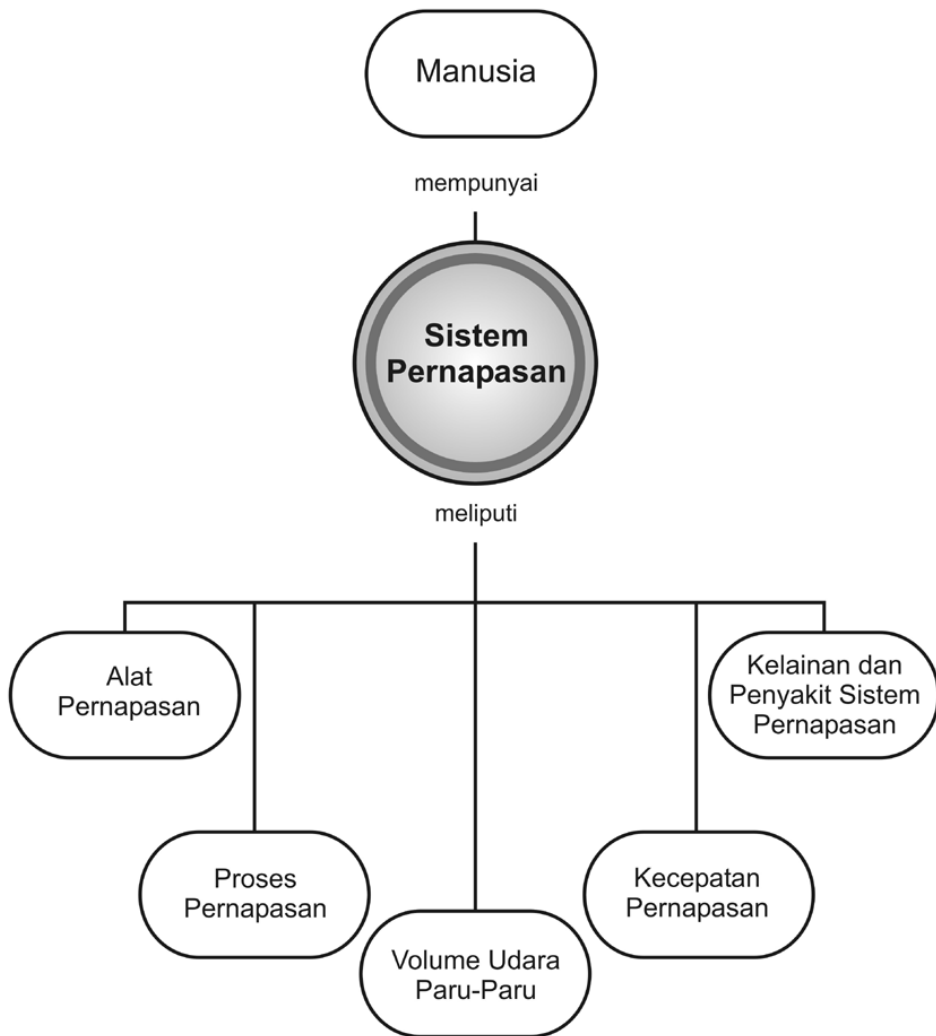
❖ Pretest ❖

1. Apakah fungsi rambut-rambut halus pada rongga hidung?
2. Bagaimana cara membuat pernapasan buatan?

❖ Kata-Kata Kunci ❖

– pernapasan eksternal dan pernapasan internal
– respirasi
– pleura
– ekspirasi
– inspirasi

Peta Konsep

Manusia
mempunyai
Sistem Pernapasan
meliputi
Alat Pernapasan
Proses Pernapasan
Volume Udara Paru-Paru
Kecepatan Pernapasan
Kelainan dan Penyakit Sistem Pernapasan

Pernapasan atau respirasi merupakan proses pengambilan oksigen, pengeluaran karbon dioksida, dan penggunaan energi di dalam tubuh. Respirasi sering disebut bernapas, yaitu mengambil dan mengeluarkan napas. Arti yang kedua adalah pertukaran gas yang terjadi di dalam sel dengan lingkungannya.

A. SISTEM PERNAPASAN

Masih ingatkah kamu ciri-ciri makhluk hidup pada pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam di kelas VII? Salah satu ciri makhluk hidup adalah bernapas.

Pernapasan pada manusia terjadi secara tidak langsung, artinya gas tidak berdifusi langsung melalui seluruh permukaan kulit, akan tetapi melalui saluran pernapasan. Pernapasan pada manusia terjadi dalam dua tingkatan, yaitu pernapasan eksternal (luar) dan pernapasan internal (dalam). Pernapasan eksternal adalah pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida antara udara dan darah. Sebaliknya, pernapasan internal adalah pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida antara darah dan cairan jaringan tubuh.

Manusia bernapas mengambil oksigen dari udara bebas. Di dalam tubuh, oksigen akan mengoksidasi zat-zat makanan yang kita makan. Reaksi oksidasi biologi dapat ditulis sebagai berikut.

- Zat makanan + $O_2 \longrightarrow$ energi + $CO_2 + H_2O$
  atau dapat ditulis
- $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ + energi

Dalam jaringan:

$HbO_2 \longrightarrow Hb + O_2$

$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3 \longrightarrow HCO_3^- + H^+$

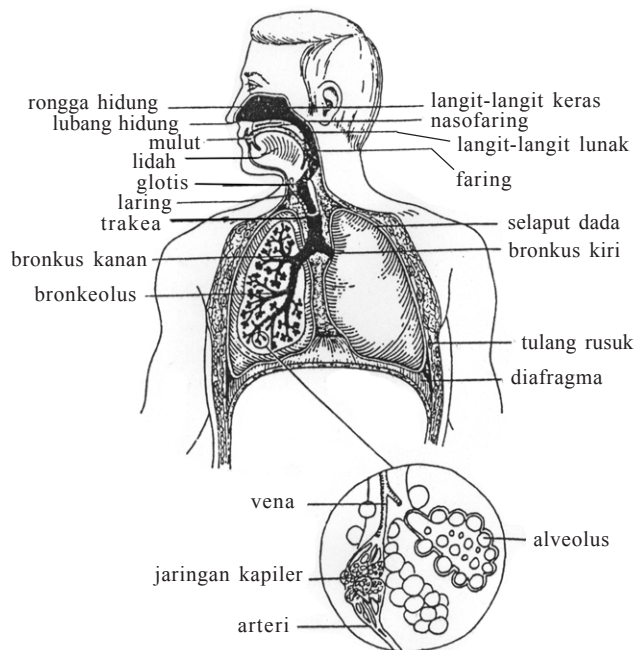
1. Alat Pernapasan

Alat-alat pernapasan pada manusia terdiri atas *rongga hidung*, *faring*, *pangkal tenggorok* (*laring*), *batang tenggorok* (*trakea*), dan paru-paru (*pulmo*).

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *membandingkan macam sistem pernapasan pada manusia;*
- *membandingkan proses inspirasi dan ekspirasi pada proses pernapasan.*

Radar Sains

Terdapat dua jenis pernapasan, yaitu pernapasan langsung dan pernapasan tidak langsung. Pada pernapasan langsung, lingkungannya berupa udara luar, sedangkan pada pernapasan tidak langsung, berupa udara yang melalui saluran pernapasan. Contoh pernapasan langsung adalah pada amfibi. melalui kulit yang basah, dapat terjadi pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida secara difusi.

Sumber: *Biologi,* 1994

▲ Gambar 4.1 Saluran pernapasan

a. Rongga Hidung

Rongga hidung merupakan alat pernapasan yang paling luar. Di dalamnya terdapat rambut-rambut halus dan selaput lendir untuk penyaringan, pengaturan suhu, dan pengaturan kelembapan udara.

b. Faring

Faring (tekak) merupakan rongga pertigaan ke arah saluran pencernaan (*esofagus*), saluran pernapasan (batang tenggorok), dan saluran rongga hidung. Faring berada di belakang rongga hidung dan mulut, meluas dari dasar tenggorok sampai setinggi ruas tulang belakang bagian leher ke-6.

c. Laring

Laring merupakan pangkal tenggorok yang disusun oleh beberapa tulang rawan yang membentuk *jakun*. Pangkal tenggorok dilengkapi dengan katup pangkal tenggorok yang disebut *epiglotis*. Katup tersebut berfungsi untuk menutup saluran napas pada saat menelan makanan. Pada pangkal tenggorok terdapat selaput suara yang akan bergetar, jika ada udara dari paru-paru, misalnya pada saat kita berbicara.

d. Trakea

Trakea atau batang tenggorok merupakan saluran pernapasan berbentuk pipa yang disusun oleh cincin-cincin tulang rawan dan terbuka di bagian belakangnya. Panjang trakea sekitar 9 cm dan terdiri atas 16 sampai 20 buah cincin tulang rawan. Letaknya di depan kerongkongan, ada yang di daerah leher (trakea cervikalis), dan ada yang berada di daerah dada (trakea torakalis). Pada bagian dalam dinding batang tenggorok dilapisi oleh selaput lendir yang mempunyai sel-sel rambut getar. Selaput lendir berfungsi untuk mengeluarkan kotoran yang masuk bersama udara pernapasan.

Di dalam rongga dada, batang tenggorok bercabang menjadi dua cabang batang tenggorok (*bronkus*). Masing-masing cabang batang tenggorok menuju ke paru-paru kanan dan paru-paru kiri. Bronkus kanan lebih pendek dan lebih lebar dari pada bronkus kiri.

Di dalam paru-paru, cabang batang tenggorok bercabang-cabang lagi menjadi saluran yang sangat kecil, disebut *bronkiolus*. Pada ujung bronkiolus terdapat gelembung kecil yang disebut gelembung paru-paru (*alveolus*).

e. Paru-paru

Paru-paru merupakan pusat pernapasan yang berfungsi sebagai pemompa udara. Paru-paru terdiri atas dua bagian, yaitu paru-paru kanan dan paru-paru kiri. Paru-paru terletak di dalam rongga dada di atas diafragma (sekat antara rongga dada dan rongga perut). Paru-paru kanan terdiri atas tiga gelambir, sedangkan paru-paru kiri terdiri atas dua gelambir, sehingga paru-paru kanan lebih besar dibandingkan paru-paru kiri. Paru-paru diselimuti oleh suatu selaput yang disebut *pleura.* Pleura berfungsi untuk mencegah terjadinya gesekan pada saat terjadi gerakan kembang kempis paru-paru.

Di dalam paru-paru terdapat gelembung paru-paru yang biasa disebut *alveolus.* Jumlahnya sangat banyak, yaitu sekitar 300 juta. Dinding alveolus sangat tipis dan lembap, sehingga memudahkan molekul-molekul gas melaluinya. Alveolus dikelilingi oleh kapiler-kapiler darah yang membentuk jaring-jaring. Adanya alveolus tersebut memungkinkan pertambahan permukaan difusi aktif dari paru-paru, yaitu sekitar 50 kali luas dari permukaan kulit tubuh.

2. Proses Pernapasan

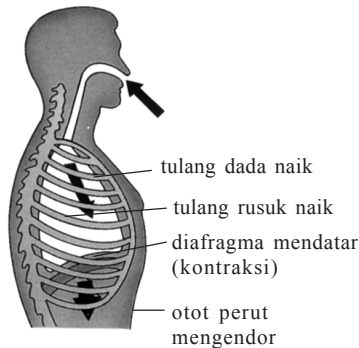
Proses pernapasan meliputi proses pengambilan udara dari luar tubuh (*inspirasi*) dan proses pengeluaran udara dari dalam tubuh (*ekspirasi*). Proses inspirasi dan ekspirasi berlangsung karena adanya kegiatan otot-otot diafragma dan otot-otot antartulang rusuk (*interkostalis*).

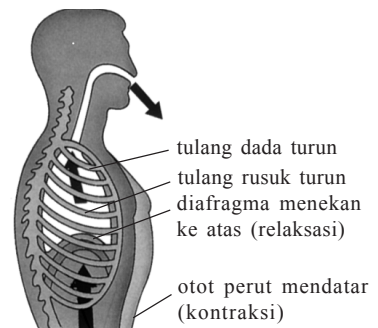
Berdasarkan otot-otot yang berkontraksi proses pernapasan dibedakan menjadi dua, yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut.

Pernapasan dada dimulai dengan berkontraksinya otot-otot antartulang rusuk yang menyebabkan tulang-tulang rusuk terangkat dan rongga dada membesar. Membesarnya rongga dada tersebut menyebabkan tekanan udara di dalam paru-paru menurun, sehingga udara di luar masuk ke paru-paru (*inspirasi*). Apabila otot-otot antartulang rusuk berelaksasi, tulang-tulang rusuk menurun sehingga volume rongga dada mengecil. Akibatnya tekanan udara dalam paru-paru naik dan udara keluar dari paru-paru (*ekspirasi*).

Tugas Individu

(Rasa Ingin Tahu dan Berpikir Kritis)

Dalam keadaan normal, kita bernapas melalui hidung. Selain bernapas melalui hidung, kita dapat bernapas melalui mulut, misalnya saat hidung kita tersumbat karena flu. Jelaskan mengapa hal itu dapat terjadi.

Sumber: *Ensiklopedia Iptek*, 2004

▲ Gambar 4.2 Diagram inspirasi

Sumber: *Ensiklopedia Iptek*, 2004

▲ Gambar 4.3 Diagram ekspirasi

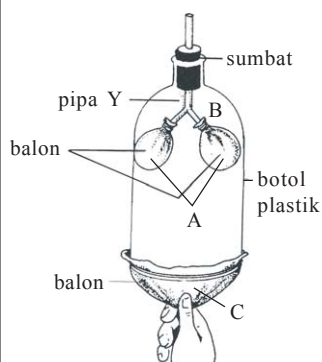
Pernapasan perut dimulai dengan berkontraksinya otot-otot diafragma yang menyebabkan diafragma mendatar. Dengan demikian rongga dada membesar dan tekanan udara di dalam paru-paru menurun, sehingga udara luar masuk ke dalam paru-paru (*inspirasi*). Apabila otot-otot diafragma berelaksasi, kedudukan diafragma melengkung ke atas. Akibatnya rongga dada mengecil dan tekanan udara di dalam paru-paru membesar sehingga udara keluar dari paru-paru (*ekspirasi*).

Ekspirasi terjadi bukan saja akibat mengendornya otot-otot antartulang rusuk dan otot-otot diafragma, melainkan juga karena adanya otot-otot antagonis yang mengerut, misalnya otot-otot antarrusuk lainnya maupun otot dinding perut. Untuk lebih memahami proses keluar masuknya udara dari dan ke paru-paru, lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 4.1

Tujuan: Menjelaskan proses keluar masuknya udara dari dan ke paru-paru.

Alat dan Bahan

1. Stoples plastik yang dilubangi bagian bawahnya.
2. Pipa Y
3. Balon karet
4. Sumbat
5. Karet gelang
6. Karet bekas balon

Cara Kerja

1. Rangkailah alat dan bahan menjadi model paru-paru seperti gambar berikut.
2. Tariklah karet di dasar stoples dan lepaskan secara perlahan.
3. Ulangi cara kerja nomor 2 di atas sampai beberapa kali dan amati keadaan balon di dalam stoples saat karet di dasar stoples digerakkan.

Pertanyaan

1. Jika memerhatikan model paru-paru di samping, bagian manakah yang menggambarkan batang tenggorok, paru-paru, rongga dada, dan diafragma?
2. Apakah yang terjadi pada balon di dalam stoples, jika karet di dasar stoples ditarik? Mengapa?
3. Apakah yang terjadi pada balon di dalam stoples, jika karet di dasar stoples dilepaskan kembali? Mengapa?
4. Dilihat dari cara kerjanya, proses pernapasan apakah yang sesuai untuk percobaan di atas? Apakah alasannya?

3. Volume Udara Paru-Paru

Volume udara pernapasan ditentukan oleh volume paru-paru, kekuatan bernapas, dan cara bernapas. Dalam kondisi normal, orang dewasa mengisap dan mengembuskan udara kira-kira 500 ml, yang disebut udara pernapasan (*udara tidal*). Setelah melakukan ekspirasi biasa kita masih dapat mengembuskan udara sekuat-kuatnya sebanyak 1.500 ml dengan cara mengerutkan otot perut. Udara tersebut dinamakan udara cadangan ekspirasi (*udara suplementer)*. Sebaliknya setelah inspirasi biasa, kita masih dapat menghirup udara sekuat-kuatnya sebanyak 1.500 ml. Udara tersebut dinamakan udara cadangan inspirasi (*udara komplementer)*.

Udara yang masih terdapat di dalam paru-paru setelah melakukan ekspirasi sekuat-kuatnya disebut udara residu, volumenya kira-kira 1.000 ml. Jumlah volume udara pernapasan, udara komplementer, dan udara suplementer dinamakan kapasitas vital paru-paru. Kapasitas vital paru-paru adalah udara maksimum yang dapat dikeluarkan dari paru-paru dan dimasukkan ke paru-paru. Kapasitas vital paru-paru seseorang tidaklah sama, yaitu sekitar 2.000–4.000 ml. Kapasitas vital paru-paru ditambah udara residu disebut kapasitas total paru-paru. Alat untuk mengukur kapasitas vital paru-paru disebut *spirometer*.

Tugas Kelompok

(Rasa Ingin Tahu dan Kecakapan Sosial)

Bentuklah satu kelompok yang terdiri atas 3–5 siswa untuk mengerjakan tugas berikut.

Kapasitas vital paru-paru tiap orang berbeda. Bagaimana kapasitas vital paru-paru pada masing-masing anggota keluargamu? Untuk menjawabnya lakukan hal-hal berikut.

1. Buatlah rancangan percobaan untuk mengukur kapasitas vital paru-paru masing-masing anggota keluargamu dengan alat dan bahan sebagai berikut.
   a. Stoples yang volumenya 5 liter
   b. Ember plastik besar/bak
   c. Pipa plastik berdiameter 0,5 cm
   d. Air
2. Buatlah laporan hasil kegiatanmu dengan susunan sebagai berikut.
   a. Tujuan
   b. Alat dan Bahan
   c. Langkah Kerja
   d. Hasil Pengamatan
   e. Analisis Hasil Pengamatan
   f. Kesimpulan

4. Kecepatan Pernapasan

Kecepatan pernapasan atau frekuensi pernapasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain umur, jenis kelamin, suhu tubuh, posisi tubuh, dan jenis kegiatan. Frekuensi pernapasan pada orang dewasa normal dan sehat berkisar antara 15–20 per menit. Pada umur yang sama, frekuensi pernapasan kaum pria lebih kecil dari pada frekuensi pernapasan kaum wanita. Jadi, pernapasan wanita lebih cepat daripada pernapasan pria. Makin tua umur seseorang, makin berkurang frekuensi pernapasannya. Makin tinggi tubuh seseorang makin tinggi frekuensi pernapasannya. Orang yang berbaring mempunyai frekuensi pernapasan yang lebih lamban daripada orang yang berdiri atau duduk. Orang yang melakukan kerja keras mempunyai frekuensi pernapasan yang lebih cepat daripada orang yang bekerja santai atau sedang istirahat.

Latihan

1. Pernapasan manusia berlangsung secara bertahap. Ditinjau dari tahapan tersebut, sebutkan pernapasan yang terjadi pada ma nusia.
2. Zat-zat apakah yang diperlukan dan dihasilkan dalam respirasi sel?
3. Apakah yang dimaksud pernapasan dada dan pernapasan perut?
4. Bagaimana proses inspirasi dan ekspirasi pada pernapasan dada ?
5. Bagaimana proses inspirasi dan ekspirasi pada pernapasan perut?

B. KELAINAN DAN PENYAKIT PADA SISTEM PERNAPASAN

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
mendata contoh kelainan dan penyakit pada sistem pernapasan yang biasa dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dan upaya mengatasinya.

Pernapasan pada manusia dapat mengalami gangguan karena penyakit maupun kelainan organ pernapasan. Beberapa kelainan dan penyakit pada sistem pernapasan, antara lain sebagai berikut.

1. Polip dan Amandel

Gangguan karena penyempitan atau penyumbatan saluran pernapasan dapat disebabkan karena pembengkakan kelenjar limfa, misalnya polip (di daerah hidung) dan amandel (di daerah tekak), ataupun adenoid. Ketiga jenis gangguan ini dapat menimbulkan kesan wajah bodoh yang biasa disebut *wajah adenoid.*

2. Faringitis

Faringitis adalah radang pada faring yang disebabkan oleh infeksi bakteri atau virus tertentu. Peradangan ini dapat pula terjadi karena terlalu banyak merokok. Tanda-tandanya, yaitu rasa sakit saat menelan dan kerongkongan terasa sangat kering.

3. Bronkitis

Bronkitis adalah radang pada selaput lendir dari trakea dan bronkus. Gejalanya adalah batuk-batuk, demam, dan sakit di bagian dada.

Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar,* 2005

▲ Gambar 4.4 Penderita TBC sebaiknya menutup mulut pada saat batuk agar tidak menularkan kepada orang lain.

4. Tuberculosis (TBC)

Tuberculosis disebabkan oleh bakteri *Bacillus tuberculosis.* Selain menyebabkan radang paru-paru, penyakit ini dapat menyebabkan alveolus mengandung banyak cairan, sehingga dapat mengganggu proses difusi oksigen dan karbon dioksida. Pada TBC yang parah, mungkin paru-paru telah luka. Jika luka masih kecil sering dilakukan pengikatan pada luka-luka tersebut, bahkan dapat dilakukan *pneumothorax,* yaitu mengistirahatkan salah satu bagian dari paru-paru agar luka-luka tersebut bisa sembuh. *Pneumothorax* dilakukan dengan jalan mengisikan udara steril ke dalam rongga pleura. Rongga itu terletak di antara pleura yang menempel pada rongga dada dan pleura yang menempel pada paru-paru sehingga paru-paru tidak mengikuti kembang kempisnya rongga dada.

Sumber: *IPP*, 2002

▲ Gambar 4.5 Paru-paru berkanker milik seorang perokok berat

5. Kanker Paru-Paru

Penyakit ini menyebabkan sel-sel paru-paru tumbuh tidak terkendali dan tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Jaringan kanker akan mendesak alveolus sehingga tidak berfungsi lagi. Para perokok mempunyai kemungkinan jauh lebih tinggi terkena kanker paru-paru dibanding yang bukan perokok (perhatikan Gambar 4.5).

Oleh karena itu, sebaiknya kita tidak merokok. Asap rokok juga dapat dihirup oleh orang lain yang tidak merokok di sekitarnya, yang disebut perokok pasif. Perokok pasif juga mempunyai peluang untuk terkena kanker paru-paru. Oleh karena itu, di negara-negara yang maju, adanya larangan merokok di tempat umum karena dikhawatirkan asap rokok akan terhirup oleh orang lain.

6. Asma

Asma merupakan gangguan pernapasan karena penyempitan saluran pernapasan yang dapat disebabkan karena alergi terhadap benda, karena suasana tertentu atau karena psikis (emosi dan stress). Gejala-gejala asma, yaitu sukar bernapas, bunyi berdesah, batuk-batuk, dan merasa sesak napas di dada.

7. Rinitis

Rinitis adalah radang pada membran mukosa rongga hidung yang menyebabkan bengkak dan mengeluarkan banyak lendir (sekresi). Peradangan ini dapat disebabkan karena alergi terhadap suatu benda atau suasana.

Radar Sains

Cara Melakukan Pernapasan Buatan

Orang yang pingsan napasnya dapat berhenti. Karena itu, dia memerlukan napas buatan.

Langkah-langkah praktis melakukan pernapasan buatan.

1. *Letakkan pasien telentang di tempat datar. Jika pasien tenggelam dalam air, tekan dadanya dengan dua tanganmu agar air yang ada dalam dada keluar.*
2. *Letakkan salah satu tanganmu di bawah leher pasien agar saluran pernapasannya terbuka.*
3. *Ambillah napas dalam-dalam dan segera tiupkan ke mulut pasien. Pada saat yang bersamaan, tutup hidung pasien dengan tanganmu yang lain.*
4. *Lepaskan tiupanmu dan biarkan udara keluar kembali dari pasien. Dengarkan jika ada bunyi atau desah napas yang menandakan kesadaran pasien.*
5. *Jika belum ada perubahan, ulangi langkah 2 sampai 4 hingga pasien sadar atau mintalah pertolongan dokter, jika tidak segera sadar.*

Latihan

1. Sebut dan jelaskan sedikitnya tiga contoh gangguan pada sistem pernapasan yang kamu jumpai dalam kehidupan sehari-hari.
2. Mengapa perokok pasif, juga mempunyai peluang terkena kanker paru-paru? Jelaskan.
3. Sebutkan langkah-langkah praktis untuk memberikan pertolongan pertama pada orang yang tenggelam.

Rangkuman

1. Pernapasan adalah proses yang mencakup pengambilan oksigen (O_2), pengeluaran karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O), serta dibentuknya energi dalam sel-sel tubuh. Dalam pernapasan, oksigen diperlukan untuk melakukan pembakaran zat makanan, atau biasa dikenal dengan istilah oksidasi biologi.
2. Pernapasan pada manusia terjadi secara tidak langsung, artinya gas tidak berdifusi langsung melalui seluruh permukaan kulit, akan tetapi melalui saluran pernapasan. Pernapasan tidak langsung tersebut terdiri atas tiga tahap, yaitu: pernapasan eksternal, pernapasan internal, dan pernapasan seluler.
3. Alat-alat pernapasan pada manusia terdiri atas *rongga* hidung, pangkal tenggorok, (*laring*), batang tenggorok, (*trakea*), dan *paru-paru* (*pulmo*).
4. Kapasitas vital paru-paru adalah udara maksimum yang dapat dikeluarkan dari paru-paru dan dimasukkan ke paru-paru. Kapasitas vital paru-paru ditambah udara residu disebut kapasitas total paru-paru.
5. Beberapa kelainan dan penyakit pada sistem pernapasan, antara lain TBC (*tuberculosis*), radang di sebelah atas rongga hidung (sinusitis), radang rongga hidung (*rinitis*), radang di bronkus (*bronkitis*), dan radang di selaput pleura (*pleuritis*).

Refleksi

Setelah mempelajari mengenai Sistem Pernapasan pada Manusia, tentu kamu sudah memahami dan dapat menjelaskan tentang sistem pernapasan dan gangguan pada sistem pernapasan manusia. Apabila kamu belum sepenuhnya memahami, cobalah kamu baca kembali materi di atas secara cermat dan carilah referensi pendukung lainnya melalui majalah, buku referensi, ataupun internet. Diskusikan bersama temanmu dengan bimbingan gurumu.

difusi : penyebaran atau perembesan sesuatu dari satu pihak ke pihak lainnya.

jakun : tulang rawan yang menonjol pada pangkal tenggorok pria dewasa.

oksidasi : penggabungan suatu zat dengan oksigen.

otot-otot antagonis : otot-otot yang sistem kerjanya saling berlawanan.

sitokrom : protein mengandung besi portfirin yang merupakan bagian rantai transparan elektron dalam proses pernapasan dan fotosintesis.

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

1. Proses oksidasi (pembakaran) zat makanan bertujuan untuk mendapatkan ....
   a. oksigen
   b. energi
   c. karbon dioksida
   d. makanan

2. Berikut ini reaksi oksidasi yang benar adalah ....
   a. zat makanan + $CO_2 \longrightarrow H_2O + O_2$
   b. zat makanan + $O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ + energi
   c. zat makanan + $H_2O \longrightarrow CO_2 + O_2$
   d. zat makanan + $O_2 \longrightarrow CO_2$ + uap air

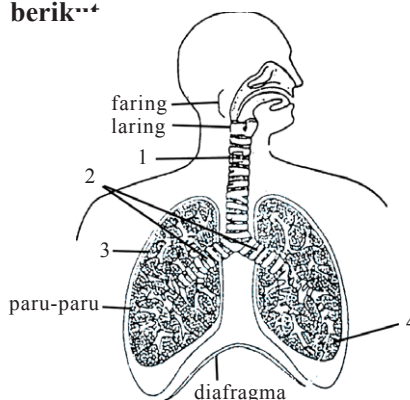
3. Berikut ini pernyataan yang benar mengenai tahapan pernapasan adalah ....
   a. respirasi sel tidak sama dengan pernapasan seluler
   b. pernapasan eksternal, yaitu difusi gas dari atmosfer ke aliran darah
   c. pernapasan internal, yaitu pertukaran gas dari atmosfer ke aliran darah
   d. pernapasan seluler, yaitu pernapasan yang berlangsung di dalam inti sel

4. Trakea merupakan saluran pernapasan yang terletak memanjang dari leher sampai rongga dada, tepatnya di ....
   a. depan kerongkongan
   b. belakang kerongkongan
   c. kiri kerongkongan
   d. kanan kerongkongan

5. Infeksi pada cabang tenggorok disebut ....
   a. bronkitis
   b. pleuritis
   c. rinitis
   d. sinusitis

6. Berikut ini pernyataan yang benar mengenai paru-paru adalah ....
   a. paru-paru kanan terdiri atas dua gelambir dan paru-paru kiri terdiri atas tiga gelambir
   b. paru-paru kanan dan paru-paru kiri - sama besar
   c. paru-paru kanan terdiri atas tiga gelambir dan paru-paru kiri terdiri atas dua gelambir
   d. paru-paru kanan berukuran lebih kecil daripada paru-paru kiri

7. Urutan yang benar tentang jalannya udara pernapasan dari luar ke dalam tubuh adalah ....
   a. rongga hidung – trakea – laring – alveolus – bronkus
   b. rongga hidung – trakea – laring – bronkus – alveolus
   c. rongga hidung – laring – trakea – bronkus – alveolus
   d. rongga hidung – trakea – alveolus – laring – bronkus
8. Di rongga hidung, udara mengalami beberapa perlakuan, *kecuali* ....
   a. dibatasi volumenya
   b. disaring
   c. disesuaikan kelembapannya
   d. disesuaikan suhunya
9. Fungsi katup pangkal tenggorok adalah ....
   a. menutup tenggorokan pada saat bernapas
   b. menutup saluran napas pada saat menelan makanan
   c. menutup kerongkongan saat menelan makanan
   d. membantu menelan makanan
10. Kita mempunyai selaput suara yang terletak pada ....
    a. kerongkongan
    b. cabang batang tenggorok
    c. batang tenggorok
    d. pangkal tenggorok
11. Makan sambil berbicara dapat mengakibatkan tersedak. Hal itu disebabkan ....
    a. adanya makanan yang masuk ke rongga mulut
    b. adanya makanan yang masuk ke tenggorokan
    c. adanya makanan yang masuk ke rongga hidung
    d. adanya makanan yang masuk ke kerongkongan

Untuk soal nomor 12-13 perhatikan gambar berikut

12. Bronkus dan alveolus ditunjukkan oleh bagian yang bernomor ….
    a. 1 dan 2 c. 2 dan 4
    b. 2 dan 3 d. 3 dan 5
13. Bagian yang berfungsi sebagai tempat pertukaran gas ditunjukkan oleh nomor ….
    a. 1 c. 3
    b. 2 d. 4
14. Berikut ini hal-hal yang terjadi pada saat ekspirasi berlangsung, *kecuali* ....
    a. diafragma mendatar
    b. tekanan udara dalam paru-paru tinggi
    c. diafragma melengkung ke atas
    d. volume udara dalam paru-paru berkurang
15. Berikut ini hal-hal yang akan terjadi apabila otot-otot antartulang rusuk berkontraksi, *kecuali* ....
    a. udara dari luar masuk ke paru-paru
    b. tekanan udara dalam paru-paru meningkat
    c. rongga dada membesar
    d. tulang-tulang rusuk terangkat
16. Kapasitas vital paru-paru adalah ....
    a. volume udara yang masuk paru-paru saat pernapasan biasa
    b. volume udara yang selalu tinggal di dalam paru-paru
    c. volume udara maksimum yang keluar masuk paru-paru saat ekskresi dan inspirasi sekuat-kuatnya
    d. volume udara maksimum yang dapat ditampung paru-paru

17. Rambut-rambut halus pada dinding tenggorok berfungsi untuk ....
    a. membantu mempercepat inspirasi dan ekskresi
    b. menetralkan racun
    c. membunuh kuman
    d. menolak kotoran yang masuk bersama udara pernapasan
18. Dalam pernapasan biasa, volume udara yang keluar masuk paru-paru sebanyak ....
    a. 1 liter c. 1,5 liter
    b. 0,5 liter d. 2 liter
19. Selaput pembungkus paru-paru disebut ....
    a. diafragma c. pleura
    b. alveolus d. bronkiolus
20. Perhatikan data berikut.
    1) TBC 4) Asma
    2) DPT 5) Meningitis
    3) Bronkitis 6) Disentri

    Penyakit yang mengganggu saluran pernapasan manusia ditunjukkan oleh nomor ....
    a. 1, 2, dan 4 c. 2, 4, dan 5
    b. 1, 3, dan 4 d. 4, 5, dan 6

B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.

1. Jelaskan perbedaan antara pernapasan eksternal dan pernapasan internal.
2. Proses pernapasan meliputi proses masuknya udara ke dalam tubuh (*inspirasi*) dan proses keluarnya udara dari dalam tubuh (*ekspirasi*). Jelaskan proses terjadinya inspirasi dan ekspirasi pada pernapasan dada.
3. Jelaskan pengertian dari istilah berikut.
    a. Udara suplementer
    b. Udara komplementer
    c. Udara residu
4. Jika selesai berolahraga, pernapasan kita menjadi lebih cepat dan dalam. Mengapa hal itu bisa terjadi? Jelaskan!
5. Jelaskan bahaya merokok bagi manusia.

Bab 5

SISTEM PEREDARAN DARAH PADA MANUSIA

Sumber: *Ensiklopedia Iptek*, 2004

Dalam kehidupan sehari-hari kita mengenal alat transportasi dengan fungsi yang berlainan. Misalnya perbedaan kereta api dengan kapal laut. Bagaimana hubungan alat transportasi dengan jalan yang dilaluinya?

Fenomena tersebut dapat menjadi gambaran sistem pengangkutan dalam tubuh manusia. Sistem pengangkutan dalam tubuh manusia terdiri atas darah sebagai alat angkut dan pembuluh darah sebagai jalan yang dilalui oleh alat angkut tersebut. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan sistem peredaran darah dan kelainan/penyakit pada sistem peredaran darah manusia.

❖ Pretest ❖

1. Apakah fungsi darah pada manusia?
2. Apakah yang dimaksud peredaran darah limfa?

❖ Kata-Kata Kunci ❖

- serum
- hemoglobin (Hb)
- eritrosit
- trombosit
- leukosit
- pembuluh vena
- pembuluh nadi

Manusia
mempunyai
Sistem Peredaran Darah
meliputi
Komponen-Komponen Darah
Golongan Darah
Alat-Alat Peredaran Darah
Peredaran Darah dan Limfa
terdiri atas
terdiri atas
terdiri atas
Plasma Darah
Trombosit (Keping Darah)
Eritrosit (Sel Darah Merah)
Leukosit (Sel Darah Putih)
Peredaran Darah
Peredaran Limfa
Peredaran Darah Kecil
Peredaran Darah Besar
Jantung
Pembuluh Darah
terdiri atas
Pembuluh Nadi (Arteri)
Pembuluh Balik (Vena)

Coba kamu ingat kembali sistem pernapasan pada manusia. Oksigen yang kita hirup akan mengoksidasi zat makanan dalam sel tubuh, sehingga dihasilkan energi. Di lain pihak, zat makanan yang telah kita makan akan dicerna dan diangkut ke seluruh sel tubuh yang memerlukannya. Untuk mendukung kelancaran berbagai aktivitas di atas, perlu adanya jasa transportasi, yang dikenal dengan sistem pengangkutan.

Alat transportasi pada tubuh manusia adalah darah yang beredar dengan bantuan alat peredaran darah berupa jantung dan pembuluh darah. Selain peredaran darah, pada manusia terdapat juga peredaran limfa (getah bening) yang diedarkan melalui pembuluh limfa.

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *membandingkan macam organ penyusunan sistem peredaran darah pada manusia;*
- *menjelaskan fungsi jantung, fungsi pembuluh darah, dan darah dalam sistem peredaran darah.*

A. SISTEM PEREDARAN DARAH

Sebagai alat transportasi, darah mempunyai fungsi sebagai alat pengangkut sari-sari makanan dan oksigen ke seluruh bagian tubuh, dan sebaliknya mengangkut hasil-hasil oksidasi yang tak berguna dari jaringan tubuh ke alat-alat pengeluaran. Darah juga berfungsi menjaga agar suhu tubuh selalu tetap, yaitu dengan memindahkan panas dari alat-alat tubuh yang aktif ke bagian lain yang tidak aktif. Selain itu darah berfungsi mengedarkan air ke seluruh bagian tubuh dan mengedarkan hormon dari kelenjar buntu. Selain mempunyai fungsi utama sebagai sarana transportasi, darah juga berfungsi untuk menghindarkan tubuh dari infeksi serta mengatur keseimbangan asam basa untuk menghindari kerusakan jaringan-jaringan tubuh.

Volume darah di dalam tubuh kira-kira sepertiga belas berat badan pada orang dewasa yang sehat, atau kira-kira 4–5 liter. Jika cairan darah di dalam tubuh terlalu banyak atau terlalu sedikit, tubuh akan mengatur sendiri melalui pengeluaran keringat dan urine sehingga kadar larutan dalam darah dan tekanan osmosis darah akan tetap.

Tugas Individu

(Rasa Ingin Tahu dan Kecakapan Sosial)

Berapakah volume darah dalam tubuhmu? Untuk menjawab hal itu lakukanlah langkah-langkah berikut.

1. Timbanglah tubuhmu dan catatlah hasilnya.
2. Kalikan berat tubuhmu dengan sepertiga belas dan catatlah hasilnya. Kamu telah mendapatkan jawaban tentang berapa berat darah di dalam tubuhmu.
3. Untuk mengetahui volume darah dalam tubuhmu, carilah data tentang massa jenis darah. Bagilah angka berat darah dalam tubuhmu dengan massa jenis darah, kamu akan dapat menemukan volume darah dalam tubuhmu.

1. Komponen-Komponen Darah

Darah manusia terdiri atas dua komponen utama, yaitu cairan darah (*plasma*) dan sel-sel darah.

a. Plasma Darah

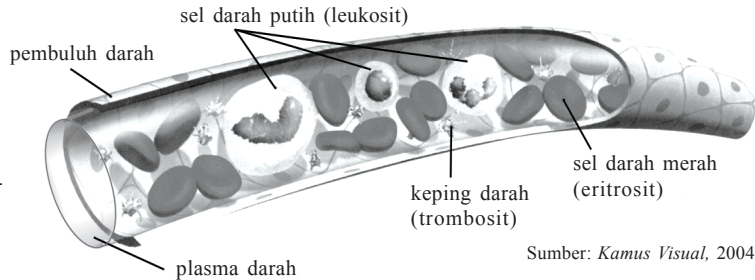
Plasma darah merupakan cairan darah yang warnanya jernih kekuningan. Plasma darah terdiri atas 90% air dan selebihnya berupa zat-zat terlarut di dalamnya. Karena sifatnya sebagai pelarut, plasma darah berfungsi dalam transportasi zat-zat dalam tubuh.

b. Eritrosit (Sel Darah Merah)

Eritrosit merupakan bagian utama dari sel-sel darah, karena jumlahnya paling banyak di antara sel-sel darah lainnya. Bentuknya

gepeng dengan kedua permukaannya cekung (*bikonkaf*), tidak berinti, dan berwarna kekuningan. Warna merah pada eritrosit disebabkan karena adanya hemoglobin (*Hb*). Hemoglobin berfungsi mengangkut oksigen ke seluruh tubuh dan mengangkut karbon dioksida dari sel-sel tubuh ke paru-paru. Darah yang banyak mengandung oksigen berwarna merah muda, sedangkan darah yang banyak mengandung karbon dioksida berwarna merah tua.

Sumber: *Kamus Visual,* 2004

▶ Gambar 5.1 Macam-macam sel darah

Pada saat masih janin, eritrosit dibentuk di hati dan limpa, setelah dewasa eritrosit dibentuk di dalam sumsum merah tulang pipih. Dalam keadaan normal eritrosit dapat hidup sampai 120 hari, setelah itu akan rusak dan dirombak di dalam hati dan limpa. Pada saat itu hemoglobin yang berwarna kemerahan akan dirombak menjadi zat warna biru empedu, sedangkan zat besi digunakan oleh sumsum tulang untuk membentuk sel-sel darah merah kembali.

Radar Sains

Jumlah eritrosit menjadi lebih banyak, jika seseorang tinggal di pegunungan (dataran tinggi). Hal itu terjadi karena kadar oksigen di dataran tinggi lebih rendah, sehingga tubuh harus membuat lebih banyak eritrosit untuk mengikat oksigen lebih banyak. Keadaan tersebut merupakan adaptasi tubuh secara fisiologis terhadap lingkungan yang kurang oksigen.

c. Leukosit (Sel Darah Putih)

Leukosit mempunyai bentuk yang tidak tetap, mempunyai inti sel yang bulat atau cekung, dan tidak berwarna. Leukosit dibentuk di dalam sumsum merah tulang, limpa, kelenjar limfe, dan jaringan *retikulo endotelium*. Umurnya kira-kira 12 sampai 13 hari dan ukurannya umumnya lebih besar daripada sel darah merah.

Fungsi sel darah putih adalah untuk melindungi tubuh dari infeksi. Berkaitan dengan fungsinya tersebut, sel darah putih mempunyai sifat-sifat: dapat membentuk *antibodi*; dapat melenyapkan bibit penyakit dengan cara memakannya; dapat menembus dinding pembuluh dan bergerak menuju mangsa. Sel darah putih yang kalah melawan bibit penyakit akan menjadi nanah.

d. Trombosit (Keping Darah)

Trombosit mempunyai ukuran lebih kecil daripada sel darah merah, tidak berinti dan bentuknya tidak teratur. Trombosit dibentuk di dalam sumsum merah tulang.

Fungsi keping darah adalah untuk pembekuan darah, sehingga sering pula disebut sel darah pembeku. Trombosit mudah tergores dan pecah. Apabila trombosit pecah keluarlah enzim trombokinase atau tromboplastin. Di dalam plasma darah terdapat protrombin dan fibrinogen. Protrombin diubah oleh enzim trombin. Selanjutnya trombin mengubah fibrinogen menjadi fibrin, yaitu berbentuk benang-benang jika kering berwarna cokelat kehitaman. Pada penderita *hemofili,* darahnya sukar membeku sehingga darah terus mengalir dari luka. Pembekuan darah itu sendiri merupakan serangkaian proses yang berlangsung pada jaringan tubuh, plasma darah, dan trombosit.

2. Alat-Alat Peredaran Darah

Amatilah torso tubuh manusia. Identifikasi organ-organ yang berhubungan langsung dengan pembuluh darah. Apa yang kamu temukan? Sistem peredaran darah manusia terdiri atas pembuluh darah dan jantung. Masing-masing organ tersebut mempunyai struktur dan fungsi tertentu. Marilah kita bahas satu per satu organ-organ tersebut.

Radar Sains

Untuk merasakan denyut jantung dapat dilakukan dengan cara meraba pembuluh nadi pada pergelangan tangan atau leher. Jantung berdenyut sekitar 70 kali tiap menit. Denyut tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain usia, kondisi kesehatan, dan aktivitas.

a. Jantung

Jantung mempunyai ukuran sebesar kepalan tangan, terletak di dalam rongga dada sebelah kiri di atas diafragma, dan berfungsi sebagai pemompa darah atau sebagai pusat peredaran darah. Jantung manusia mempunyai empat ruang, yaitu serambi kanan, serambi kiri, bilik kanan, dan bilik kiri.

Dinding jantung terdiri atas tiga lapis, yaitu *perikardium* sebagai selaput pembungkus jantung, *miokardium* sebagai otot jantung, dan *endokardium* sebagai selaput yang membatasi ruang jantung. Dinding bilik jantung lebih tebal daripada dinding serambi, karena bilik jantung bertugas memompa darah ke luar jantung. Bilik kiri memompa darah ke seluruh tubuh dan bilik kanan memompa darah ke paru-paru.

Sumber: *Ensiklopedia Iptek*, 2004

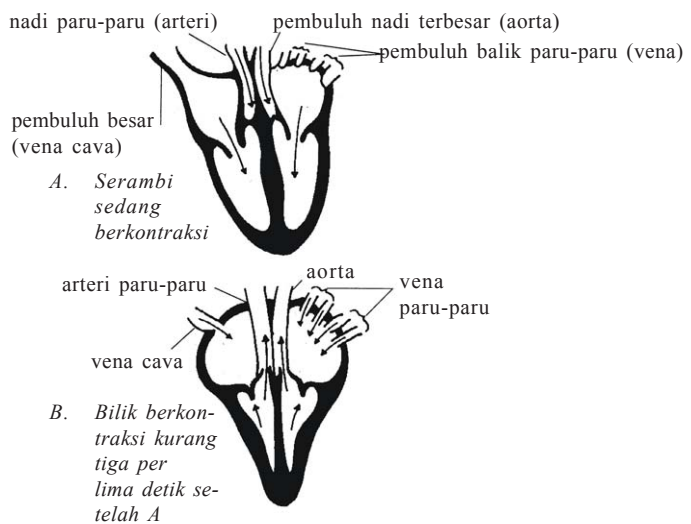
▲ Gambar 5.3 Jantung dan bagian-bagiannya

Di antara serambi kiri dan bilik kiri terdapat katup yang dapat membuka ke arah bilik kiri, yaitu katup dua daun. Antara serambi kanan dan bilik kanan terdapat katup yang dapat membuka ke arah bilik kanan, yaitu katup tiga daun. Katup-katup tersebut berfungsi menjaga agar darah yang telah masuk ke dalam bilik tidak kembali lagi ke serambi. Pada pangkal batang nadi (aorta) terdapat katup berbentuk bulan sabit disebut *valvula semilunaris.* Dengan demikian, katup-katup jantung tersebut berfungsi untuk menjaga agar aliran darah tetap searah.

Radar Sains

Jantung pada fetus (janin) masih mempunyai lubang yang disebut foramen ovale yang terletak di antara serambi kiri dan serambi kanan jantung. Lubang tersebut akan menutup setelah bayi lahir, dan jika tidak menutup akan menimbulkan penyakit jantung sejak bayi lahir.

Cara kerja jantung dapat diumpamakan, seperti pipet yang dapat mengembang dan menguncup. Hal itu terjadi karena adanya otot-otot jantung yang dapat mengendor (relaksasi) dan mengerut (kontraksi), yang biasa disebut denyut jantung. Kerja jantung, meliputi tiga tahap sebagai berikut.

a) Serambi jantung mengembang sehingga darah dari seluruh tubuh yang kaya karbon dioksida masuk ke jantung (serambi kanan), sedangkan darah yang kaya oksigen dari pembuluh balik paru-paru masuk ke serambi kiri.
b) Serambi jantung menguncup dan bilik mengembang, sehingga darah masuk ke bilik.
c) Bilik jantung menguncup sehingga darah dari bilik kiri yang kaya oksigen dipompa ke seluruh tubuh, sedangkan darah dari bilik kanan jantung yang kaya karbon dioksida dipompa ke paru-paru.

Sumber: *Biologi,* 1991

▲ Gambar 5.3 Kerja jantung

b. Pembuluh Darah

Setelah keluar dari jantung, darah akan mengalir melalui pembuluh-pembuluh darah. Pembuluh darah tersebut meliputi pembuluh nadi (*arteri*), pembuluh balik (*vena*), dan pembuluh rambut (*kapiler*).

1) *Pembuluh Nadi (Arteri)*

Pembuluh nadi *(arteri)* merupakan pembuluh yang membawa darah meninggalkan jantung. Pembuluh tersebut mempunyai dinding yang tebal, kuat, dan elastis. Hal itu sesuai dengan peranannya, yaitu membantu pemompaan jantung dalam peredaran darah.

Pada pangkal pembuluh nadi (di dekat jantung) terdapat katup bulan sabit atau *valvula semilunaris*, yang berfungsi menjaga agar darah tidak kembali ke jantung.

Letak pembuluh nadi biasanya di dalam tubuh atau tersembunyi. Namun demikian, ada beberapa pembuluh nadi yang letaknya di dekat permukaan, sehingga dapat dirasakan denyutnya. Pembuluh nadi yang dapat dirasakan denyutnya, misalnya pada pergelangan tangan dan leher.

Darah yang keluar dari jantung diedarkan melalui dua pembuluh nadi, yaitu pembuluh nadi besar *(aorta)* dan pembuluh nadi paru-paru *(arteri pulmonalis)*. Aorta membawa darah yang kaya akan oksigen keluar dari bilik kiri jantung menuju ke seluruh bagian tubuh. Sebaliknya, arteri pulmonalis mengangkut darah yang kaya karbon dioksida keluar dari bilik kanan jantung menuju ke paru-paru. Untuk mengetahui dan faktor yang memengaruhi denyut, lakukan kegiatan berikut.

Kegiatan 5.1

Tujuan: Menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi jumlah denyut nadi pada tiap-tiap orang.

Alat dan Bahan

Arloji

Cara Kerja

1. Tempelkan jarimu (tengah dan telunjuk) pada pergelangan tangan temanmu hingga terasa denyut nadinya.
2. Hitunglah denyut nadi temanmu selama 1 menit.
3. Ulangi cara tersebut dengan menyuruh temanmu terlebih dahulu berlari-lari selama 2 menit.
4. Lakukan cara kerja 1 sampai 3 terhadap temanmu yang lain.
5. Isikan hasil pengamatanmu dalam sebuah tabel di buku kerjamu.

Pertanyaan

1. Samakah jumlah denyut nadi masing-masing siswa di atas? Jelaskan.
2. Samakah denyut nadi saat istirahat dan setelah berlari-lari?
3. Faktor-faktor apakah yang dapat memengaruhi jumlah denyut nadi seseorang?

2) Pembuluh Balik (Vena)

Pembuluh balik *(vena)* adalah pembuluh darah yang mengangkut darah menuju ke jantung. Dindingnya mempunyai tiga lapis seperti pada arteri, namun lebih tipis dan tidak elastis. Pembuluh balik mempunyai cabang terkecil yang disebut venula. Dinding venula sama dengan *arteriola*. Di sepanjang pembuluh terdapat katup-katup yang mencegah darah mengalir berbalik arah, sehingga darah hanya mengalir ke satu arah menuju jantung.

Pembuluh balik pada umumnya lebih mudah dikenali daripada pembuluh nadi karena letaknya di daerah permukaan tubuh. Banyak pembuluh balik yang dapat kita amati dengan mudah. Pembuluh darah yang tampak kebiru-biruan merupakan pembuluh balik. Dapatkah kamu merasakan denyut dari pembuluh-pembuluh tersebut?

Pembuluh balik pada tubuh kita dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pembuluh balik tubuh dan pembuluh balik paru-paru *(vena pulmonalis)*.

Pembuluh balik tubuh mempunyai ukuran yang besar, terdiri atas pembuluh balik atas dan pembuluh balik bawah. Keduanya bertugas membawa darah kotor atau darah yang kaya karbon dioksida menuju ke serambi kanan jantung. Pembuluh balik atas mengangkut darah yang berasal dari tubuh bagian atas, misalnya lengan dan kepala. Sebaliknya, pembuluh balik bawah mengangkut darah yang berasal dari tubuh bagian bawah.

Pembuluh balik paru-paru merupakan pembuluh darah yang membawa darah dari paru-paru menuju ke serambi kiri jantung. Darah yang diangkut oleh pembuluh darah tersebut adalah darah bersih atau darah yang kaya akan oksigen.

c. Pembuluh Rambut (*Kapiler*)

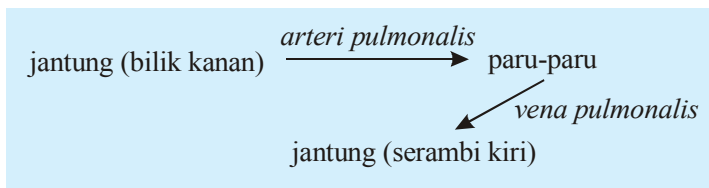
Pembuluh rambut *(kapiler)* merupakan pembuluh darah yang paling halus dan langsung berhubungan dengan sel-sel tubuh. Dindingnya hanya terdiri atas selapis sel dan sedemikian sempitnya sehingga sel-sel darah hanya dapat lewat satu per satu. Di dalam pembuluh kapiler terjadi pertukaran gas. Pembuluh kapiler menghubungkan cabang pembuluh nadi terkecil (*arteriola*) dan cabang pembuluh vena terkecil (*venula*).

4. Sistem Peredaran Darah

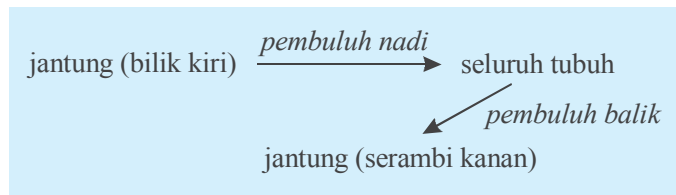
Peredaran darah pada manusia berlangsung melalui pembuluh darah, sehingga disebut sistem peredaran darah tertutup. Dalam sistem peredaran darah tertutup, darah tidak pernah masuk secara langsung ke dalam jaringan tubuh, tetapi selalu melalui pembuluh darah.

Peredaran darah manusia disebut peredaran darah ganda atau peredaran darah rangkap, karena sekali beredar, darah melewati jantung sebanyak dua kali. Peredaran darah ganda terdiri atas peredaran darah kecil (peredaran darah pendek) dan peredaran darah besar (peredaran darah panjang).

1) Peredaran Darah Kecil

Darah yang kaya karbon dioksida keluar dari bilik kanan jantung masuk ke pembuluh nadi paru-paru (*arteria pulmonalis*) menuju ke paru-paru kanan dan kiri. Darah mengalir ke percabangan pembuluh nadi (*arteriol*), menuju ke kapiler paru-paru yang berada di sekeliling alveolus. Di dalam kapiler alveolus terjadilah pertukaran gas, yaitu keluarnya karbon dioksida dari kapiler ke ruang alveolus dan masuknya oksigen dari ruang alveolus ke kapiler darah. Darah yang kaya oksigen kemudian mengalir ke pembuluh balik paling kecil. Dari pembuluh balik paling kecil dilanjutkan ke pembuluh balik paru-paru diangkut menuju ke serambi kiri jantung. Sistem peredaran yang membawa darah dari jantung ke paru-paru dan kembali lagi ke jantung disebut sistem peredaran darah kecil atau sistem peredaran darah pendek. Secara singkat sistem peredaran darah kecil dapat digambarkan seperti bagan Gambar 5.4.

▲ Gambar 5.4 Bagan sistem peredaran darah kecil

2) Peredaran Darah Besar

Darah yang kaya oksigen dari bilik kiri jantung (*ventrikel sinester*) masuk ke aorta dan diteruskan ke seluruh bagian tubuh, termasuk kepala dan badan, kecuali paru-paru dan jantung. Di dalam jaringan tubuh terjadi difusi oksigen dan sari makanan dari kapiler ke jaringan. Sebaliknya, karbon dioksida dan zat-zat sampah sisa metabolisme berdifusi dari jaringan ke dalam pembuluh kapiler. Darah pada pembuluh kapiler yang kaya karbon dioksida dan zat sampah selanjutnya menuju venula, vena, dan kembali ke jantung (serambi kanan) melalui pembuluh balik atas dan pembuluh balik bawah. Sistem peredaran yang mem-bawa darah dari jantung ke seluruh tubuh dan kembali lagi ke jantung disebut sistem peredaran darah besar atau sistem peredaran darah panjang. Secara singkat sistem peredaran tersebut dapat digambarkan seperti bagan Gambar 5.5.

▲ Gambar 5.5 Bagan sistem peredaran darah besar

1. Jelaskan perbedaan fungsi antara eritrosit, leukosit, dan trombosit.
2. Jelaskan perbedaan antara pembuluh nadi dan pembuluh balik.
3. Mengapa sistem peredaran darah manusia disebut sistem peredaran darah tertutup?
4. Jelaskan perbedaan antara sistem peredaran darah besar dan sistem peredaran darah kecil.

B. KELAINAN DAN PENYAKIT PADA SISTEM PEREDARAN DARAH

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
mendata contoh penyakit yang berhubungan dengan sistem peredaran darah yang biasa dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dan upaya mengatasinya.

Kelainan dan penyakit pada sistem peredaran darah manusia dapat terjadi karena beberapa faktor, antara lain faktor keturunan, kerusakan, atau karena sebab-sebab yang belum diketahui. Adapun kelainan dan penyakit pada sistem peredarah darah, antara lain sebagai berikut.

1. Hemofili

Hemofili merupakan kelainan di mana darah yang keluar dari pembuluh darah sukar membeku. Penyakit ini disebabkan oleh faktor genetis. Orang pertama yang diduga mempunyai gen penyebab hemofili adalah Ratu Victoria dari Inggris.

2. Anemia

Anemia atau penyakit kekurangan darah mungkin disebabkan hemoglobinnya kurang mengandung zat besi atau memang karena kekurangan sel darah merah. Sel darah merah kurang disebabkan adanya kuman-kuman penyakit pemakan sel darah, misalnya seperti cacing tambang dan malaria.

3. Leukemia

Leukemia atau kanker darah disebabkan produksi sel-sel darah putih yang tidak terkendali. Jumlah sel darah putih pada penderita leukemia dapat mencapai 200.000/mm^3 darah. Kelainan ini terjadi karena adanya kanker pada jaringan pembentuk sel darah putih.

4. Varises

Varises adalah pelebaran pembuluh balik (*vena*), biasanya terjadi di betis. Jika pelebaran pembuluh darah tersebut terjadi di daerah anus disebut *hemoroid* atau *ambeien*.

5. Hipertensi dan Hipotensi

Hipertensi adalah tekanan darah yang tinggi (di atas ambang normal). Penderita penyakit tersebut mempunyai nilai ambang tekanan sistole antara 140 sampai 200 mmHg atau lebih, sedangkan nilai ambang tekanan diastole antara 90 sampai 110 mmHg atau lebih.

Hipotensi adalah tekanan darah yang rendah (di bawah ambang normal). Penderita penyakit tersebut biasanya mempunyai tekanan sistole di bawah 100 mmHg.

Tugas Kelompok

(Rasa Ingin Tahu dan Kecakapan Sosial)

Bentuklah kelompok yang terdiri 3–5 siswa untuk mengerjakan tugas berikut.

Carilah informasi dengan membaca buku atau bertanya ke lembaga kesehatan terdekat (klinik, Puskesmas, Rumah Sakit, dan sebagainya) mengenai beberapa hal yang berkaitan dengan penyakit hipertensi. Catatlah hasilnya dengan format sebagai berikut.

a. Penyebab
b. Gejala yang timbul
c. Cara menanggulangi
d. Cara mencegah
e. Kesimpulan

Latihan

1. Faktor-faktor apakah yang dapat menyebabkan terjadinya kelainan dan gangguan pada sistem transportasi?
2. Sebutkan sedikitnya tiga macam kelainan pada sistem transportasi yang disebabkan karena faktor keturunan.

Rangkuman

1. Alat transportasi pada tubuh manusia adalah darah yang beredar dengan bantuan alat peredaran darah berupa jantung dan pembuluh darah.
2. Darah manusia terdiri atas sel-sel darah dan plasma darah. Sel-sel darah meliputi sel-sel darah merah (*eritrosit*), sel-sel darah putih (*leukosit*), dan keping-keping darah (*trombosit*). Plasma darah mengandung serum dan fibrinogen.

3. Di dalam sel darah merah terdapat hemoglobin yang berfungsi untuk mengangkut oksigen ke seluruh tubuh dan mengangkut karbon dioksida dari sel-sel tubuh ke paru-paru. Sel darah putih berfungsi memakan kuman-kuman penyakit yang masuk ke dalam tubuh dan sebagai pengangkut lemak. Keping darah berfungsi dalam proses pembekuan darah.
4. Plasma darah berfungsi dalam pengangkutan sari-sari makanan, hormon, dan zat-zat sisa metabolisme. Plasma darah juga berperan dalam proses pembekuan darah.
5. Alat peredaran darah manusia terdiri atas jantung dan pembuluh-pembuluh darah. Jantung manusia terdiri atas empat ruang, yaitu bilik kiri, bilik kanan, serambi kiri, dan serambi kanan. Pembuluh darah manusia terdiri atas pembuluh nadi, pembuluh balik, dan pembuluh kapiler.
6. Sistem peredaran darah manusia merupakan sistem peredaran darah tertutup dan ganda. Sistem peredaran darah tertutup karena darah selalu beredar melalui pembuluh darah. Sistem peredaran darah ganda karena dalam sekali beredar darah melewati jantung dua kali.
7. Kelainan dan penyakit yang berhubungan dengan sistem peredaran darah antara lain anemia, leukemia, hemofili, varises, hipertensi, dan sebagainya.

Setelah mempelajari mengenai Sistem Peredaran Darah Pada Manusia, tentu kamu sudah bisa memahami dan dapat menjelaskan kembali materi di atas. Apabila kamu belum sepenuhnya memahami, pelajari kembali materi di atas secara cermat dan diskusikan dengan temanmu. Untuk lebih memperdalam materi di atas, carilah buku referensi, majalah, maupun internet dan sekiranya belum jelas mintalah bimbingan gurumu.

antibodi : zat kimia berupa protein yang dihasilkan oleh organisme sebagai penangkal terhadap benda asing yang masuk ke dalam tubuh organisme tersebut.

atrium : serambi jantung.

diapedesis : perembesan sel darah putih melalui dinding pembuluh darah yang utuh.

fibrin : benang-benang pembeku darah.

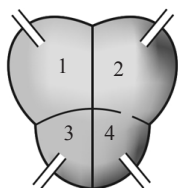
fibrinogen	:	sejenis protein darah yang berfungsi dalam proses pembekuan darah.
hormon	:	zat yang dibentuk oleh bagian tertentu dalam jumlah kecil dan dibawa ke jaringan tubuh lainnya serta mempunyai pengaruh khas.
leukopeni	:	keadaan sel darah putih yang kadarnya kurang dari normal.
leukositosis	:	keadaan sel darah putih yang kadarnya melebihi normal.
ventrikel	:	bilik jantung.

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

1. Bagian darah yang berfungsi mengikat oksigen adalah ….
   a. plasma darah c. hemoglobin
   b. fibrinogen d. serum
2. Salah satu ciri sel darah putih adalah ....
   a. mengandung Hb
   b. berfungsi untuk membunuh kuman
   c. bentuknya bulat gepeng
   d. tidak berinti
3. Berikut ini yang termasuk bagian darah yang cair adalah ....
   a. serum c. trombosit
   b. leukosit d. eritrosit
4. Ciri-ciri sel darah:
   1. bentuk tidak tetap;
   2. tidak berinti;
   3. tidak berwarna;
   4. mengandung hemoglobin.

   Ciri-ciri sel darah putih ditunjukkan oleh nomor ....
   a. 1 dan 2 c. 2 dan 4
   b. 1 dan 3 d. 3 dan 4
5. Seorang anak yang menderita anemia disebabkan kekurangan ....
   a. sel darah merah dan zat besi
   b. sel darah putih dan sel darah merah
   c. keping darah dan zat besi
   d. sel darah putih dan keping darah
6. Bagian darah yang berfungsi mengedarkan hormon dan sari makanan adalah ....
   a. sel darah merah c. keping darah
   b. plasma darah d. sel darah putih
7. Tempat pembentukan sel darah merah adalah ....
   a. sumsum merah c. paru-paru
   b. jantung d. sumsum kuning
8. Bagian darah yang berperan dalam proses pembekuan darah adalah ....
   a. sel darah merah c. keping darah
   b. sel darah putih d. serum
9. Alat transportasi yang berfungsi sebagai pemompa darah adalah ....
   a. jantung c. vena
   b. aorta d. arteri
10. Bagian jantung yang dindingnya paling tebal adalah ....
    a. serambi kanan c. bilik kanan
    b. serambi kiri d. bilik kiri
11. Katup berdaun tiga pada jantung terletak di antara ....
    a. bilik kanan dan bilik kiri
    b. serambi kanan dan bilik kiri
    c. serambi kiri dan bilik kiri
    d. serambi kanan dan bilik kanan

12. Peranan katup dalam peredaran darah adalah ....
    a. mengatur aliran darah agar tetap satu arah
    b. mencegah darah masuk ke jantung
    c. mencegah darah keluar dari jantung
    d. mengatur irama denyut jantung
13. Perhatikan gambar di bawah ini.

    Darah yang kaya CO_2 terdapat pada ruangan nomor ....
    a. 1 dan 2
    b. 1 dan 3
    c. 2 dan 4
    d. 3 dan 4
14. Keadaan jantung pada saat darah masuk ke bilik adalah ....
    a. kedua serambi menguncup dan kedua bilik mengembang
    b. kedua serambi dan kedua bilik mengembang
    c. kedua serambi dan kedua bilik menguncup
    d. kedua serambi mengembang dan kedua bilik menguncup
15. Dari bilik kanan jantung, darah dipompa ke ....
    a. bilik kiri
    b. serambi kanan
    c. paru-paru
    d. seluruh tubuh
16. Peredaran darah manusia merupakan peredaran darah ganda dan tertutup, artinya ....
    a. dalam sekali beredar, darah melalui jantung dua kali dan paru-paru dua kali
    b. dalam peredarannya, darah mengangkut oksigen dan sari makanan di dalam pembuluh darah
    c. dalam sekali beredar, darah melalui paru-paru dua kali dan selalu dalam pembuluh darah
    d. dalam sekali beredar, darah melalui jantung dua kali dan selalu dalam pembuluh darah
17. Pernyataan yang benar mengenai nadi paru-paru adalah ....
    a. membawa darah meninggalkan jantung dan kaya O_2
    b. membawa darah meninggalkan jantung dan kaya CO_2
    c. membawa darah menuju jantung dan kaya O_2
    d. membawa darah menuju jantung dan kaya CO_2
18. Arteri merupakan pembuluh darah yang umumnya dialiri darah yang ....
    a. meninggalkan jantung
    b. menuju jantung
    c. kaya karbon dioksida
    d. kaya oksigen
19. Darah dari seluruh tubuh akan kembali ke jantung melalui ....
    a. serambi kanan
    b. bilik kanan
    c. serambi kiri
    d. bilik kiri
20. Pada peredaran darah kecil, darah keluar jantung dari bagian ....
    a. serambi kanan
    b. bilik kanan
    c. serambi kiri
    d. bilik kiri

B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.

1. Sebutkan komponen-komponen darah manusia.
2. Jelaskan perbedaan pembuluh nadi dan pembuluh balik dalam hal:
    a. aliran darah;
    b. dinding pembuluh;
    c. jumlah dan letak katup;
    d. letak pembuluh.
3. Bagaimana denyut jantung dapat terjadi? Sebutkan tiga tahap kerja jantung sehingga menimbulkan denyut.
4. Peredaran darah manusia terdiri atas peredaran darah kecil dan peredaran darah besar. Buatlah bagan yang lengkap dari keduanya.
5. Sebutkan empat macam kelainan dan penyakit pada sistem peredaran darah. Bagaimana cara mengatasinya?

Bab 6

STRUKTUR DAN FUNGSI JARINGAN TUMBUHAN

Sumber: *Ensiklopedia Iptek,* 2004

Akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji merupakan organ tubuh tumbuhan yang mudah dikenal. Organ-organ tumbuhan tersusun dari jaringan.

Fenomena struktur jaringan yang menyusun organ tumbuhan dapat kamu pelajari pada bab ini.

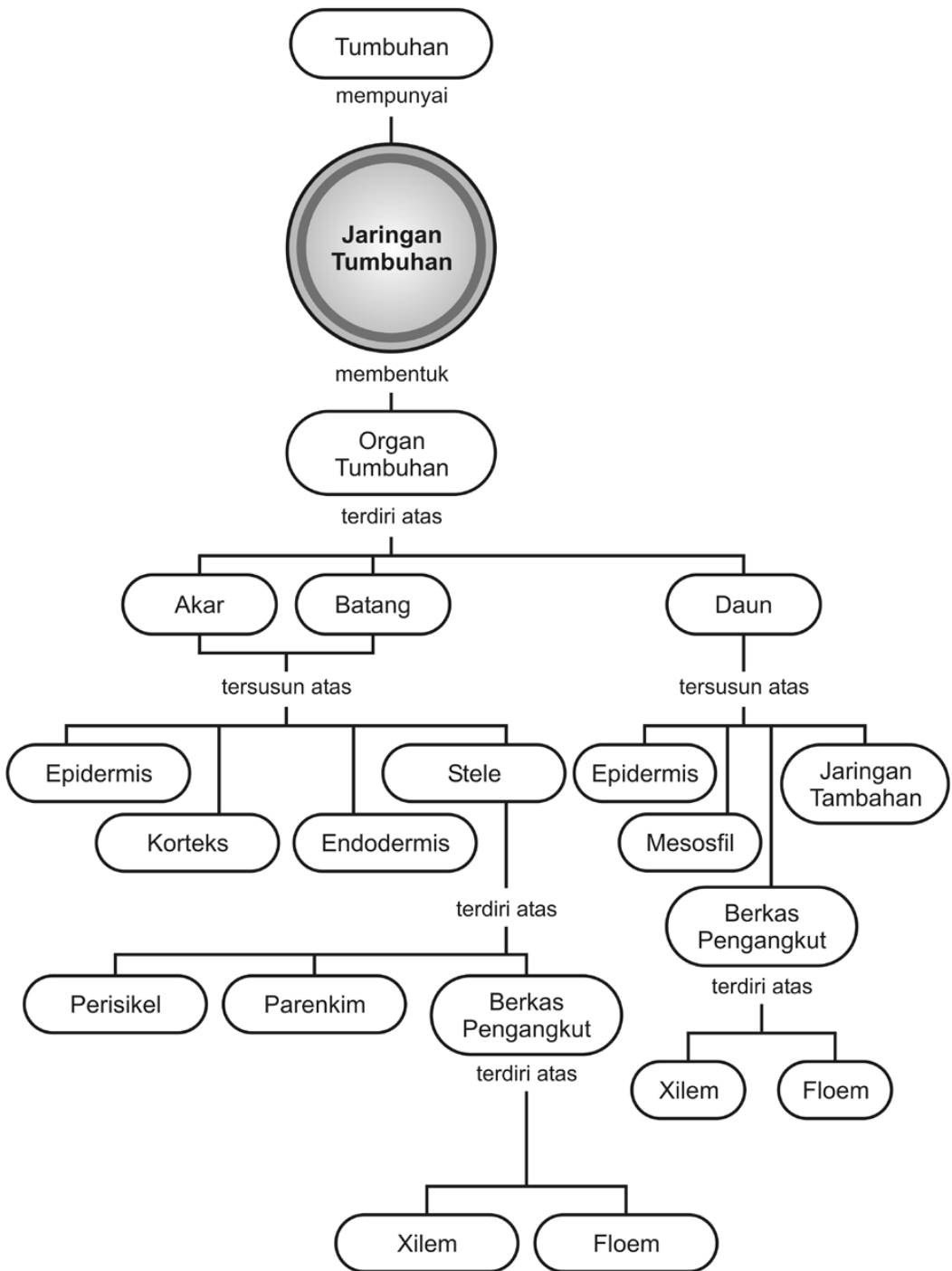
❖ Pretest ❖

1. Apakah akar suatu pohon selalu berada di dalam tanah?
2. Apakah perbedaan batang pohon pisang dengan pohon kelapa?

❖ Kata-Kata Kunci ❖

- kaliptra
- korteks
- perikambium
- xilem
- floem
- eliminasi

Peta Konsep

Tumbuhan
mempunyai
Jaringan Tumbuhan
membentuk
Organ Tumbuhan
terdiri atas
Akar
Batang
Daun
tersusun atas
tersusun atas
Epidermis
Korteks
Endodermis
Stele
Epidermis
Mesosfil
Jaringan Tambahan
Berkas Pengangkut
terdiri atas
terdiri atas
Perisikel
Parenkim
Berkas Pengangkut
terdiri atas
Xilem
Floem
Xilem
Floem

Sebagaimana pada hewan, organ pada tumbuhan juga bervariasi. Makin tinggi tingkatan tumbuhan tersebut, makin kompleks dan lengkap struktur tubuhnya. Secara struktural, tumbuhan sama dengan hewan, yaitu tersusun oleh berbagai macam jaringan dan organ yang saling bekerja sama untuk melakukan fungsi dan aktivitas hidup. Sel tumbuhan dan sel hewan mempunyai perbedaan. Masih ingatkah kamu perbedaan keduanya? Cobalah membuka kembali buku catatan IPA kelas VII.

A. ORGAN UTAMA TUMBUHAN

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *menjelaskan struktur dan fungsi jaringan di akar, batang, dan daun;*
- *menunjukkan letak epidermis, korteks, dan stele pada tumbuhan;*
- *menjelaskan fungsi jaringan tertentu yang dijumpai pada tubuh tumbuhan.*

Perhatikan tumbuh-tumbuhan yang ada di sekitarmu. Organ-organ apa saja yang menyusun tubuh tumbuhan tersebut? Tubuh tumbuhan terdiri atas akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. Organ utama yang umum dimiliki oleh tumbuhan adalah akar, batang, dan daun.

1. Akar

Pernahkah kamu makan keripik singkong (*Manihot utillisima)*? Keripik singkong dibuat dari umbi akar tanaman singkong. Umbi akar, adalah organ akar yang menggembung dan berisi cadangan makanan. Umbi singkong, seperti umumnya akar yang lain, terletak di dalam tanah. Adakah akar yang tidak berada di dalam tanah?

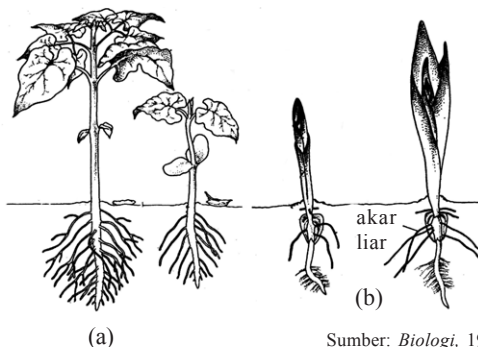
Akar merupakan organ tubuh tumbuhan tingkat tinggi yang amat penting.

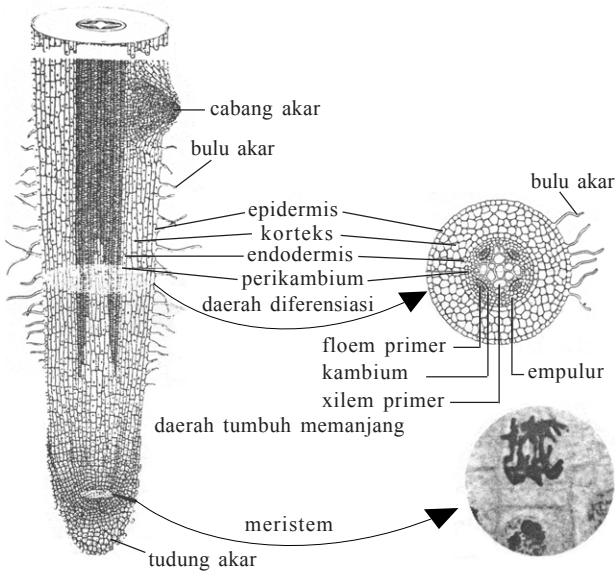
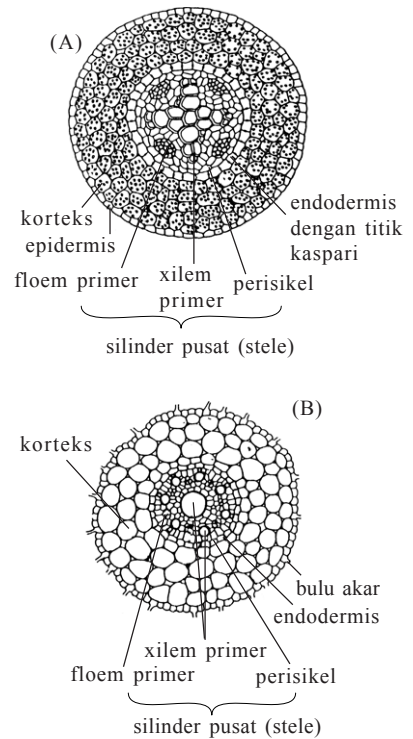
Fungsi akar sebagai berikut.

a. Menambatkan tubuh tanaman pada tanah. Kedalaman dan luas akar umumnya seimbang dengan ketinggian dan rindangnya tumbuhan.

b. Menyerap air dan zat hara yang terlarut di dalam tanah serta mengalirkannya ke batang dan daun.

c. Menyimpan cadangan makanan (bagi beberapa jenis tanaman).

Sumber: *Biologi,* 1991

◀ Gambar 6.1 *(a)* Akar tunggang pada tumbuhan dikotil; *(b)* Akar serabut pada tumbuhan monokotil.

Akar berasal dari titik tumbuh akar pada jaringan embrional. Tumbuhan dikotil dan tumbuhan monokotil mempunyai sistem akar yang berbeda. Tumbuhan dikotil berakar tunggang, sedangkan tumbuhan monokotil berakar serabut.

▲ Gambar 6.2 Bagian-bagian akar dan sayatan melintangnya

▲ Gambar 6.3 Perbandingan antara susunan jaringan pada akar A. dikotil B. monokotil yang muda

Struktur luar akar meliputi tudung akar (*kaliptra*), batang akar, cabang akar (pada dikotil), dan bulu-bulu akar. Daerah pertumbuhan akar dibagi menjadi tiga bagian, meliputi daerah perbanyakan (*meristematis*), daerah pemanjangan (*elongasi*), dan daerah pengembangan (*diferensiasi*).

Daerah meristematis terletak di bagian paling ujung dari akar. Sel-sel di daerah tersebut selalu aktif membelah menghasilkan sel-sel baru sehingga akar bertambah besar. Kecuali itu, daerah tersebut juga menghasilkan sel baru ke arah ujung membentuk tudung akar atau kaliptra. Tudung akar tersebut berfungsi untuk melindungi daerah meristematis pada ujung akar. Tudung akar juga menghasilkan zat yang dapat membantu mempermudah akar menembus tanah.

Di belakang daerah meristematis terdapat daerah elongasi. Di daerah tersebut, sel-sel baru yang terbentuk di daerah meristematis membesar dan mengakibatkan akar tumbuh memanjang. Di daerah

pematangan, sel-selnya mengembang dan sebagian mengalami diferensiasi membentuk pembuluh angkut, epidermis, dan rambut akar.

Struktur anatomi akar dapat dilihat dengan cara melakukan pemotongan akar secara melintang. Kalau kita buat sayatan melintang, kemudian kita amati dengan mikroskop, baik akar dikotil maupun monokotil mempunyai susunan anatomis, yaitu epidermis (kulit luar), korteks (kulit pertama), endodermis (kulit dalam), dan stele (silinder pusat).

a. Epidermis

Sel-sel epidermis tersusun rapat, tidak mempunyai ruang antarsel, berdinding sel tipis, dan mudah dilalui oleh air (bersifat *semipermiabel*). Sel-sel epidermis yang berada di belakang titik tumbuh yang letaknya segaris dengan xilem akan membentuk bulu-bulu akar. Terbentuknya bulu akar ini menyebabkan permukaan dinding sel bertambah luas, sehingga penyerapan air lebih efisien.

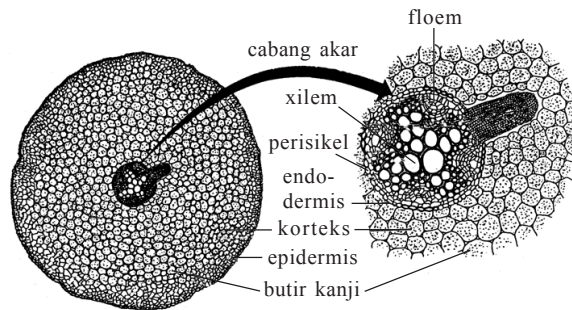
b. Korteks

Korteks terdiri atas lapisan-lapisan sel berdinding tipis. Sel-sel tersebut tidak tersusun rapat sehingga mempunyai banyak ruang antarsel yang penting untuk pertukaran zat. Pada korteks terdapat antara lain, parenkim, kolenkim, dan sklerenkim.

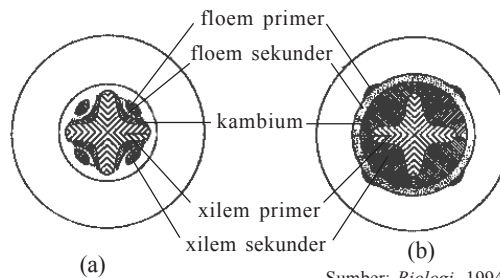
c. Endodermis

Lapisan korteks yang paling dalam adalah endodermis. Lapisan ini merupakan pemisah antara korteks dengan silinder pusat. Bentuk dan susunan sel-sel endodermis berbeda dengan bentuk dan susunan sel-sel di sekitarnya. Seperti dilapisinya dinding sel endodermis yang tegak lurus silinder pusat dengan zat gabus (suberin), sehingga air dan zat yang terdapat di dalamnya tidak dapat melewati dinding tersebut. Karena itu, jika air hendak mengalir ke silinder pusat, air tersebut harus melewati dinding sel yang sejajar dengan silinder pusat dan plasma sel yang bersifat semipermeabel. Di bawah mikroskop pada irisan melintang penebalan zat gabus tadi tampak seperti titik-titik gabus pada dinding sel disebut *titik kaspari*.

d. Stele (Silinder Pusat)

Stele atau silinder pusat merupakan bagian terdalam dari akar. Lapisan terluar dari stele disebut perisikel atau perikambium. Sel-sel perisikel yang letaknya segaris dengan xilem berubah menjadi jaringan meristem yang selalu membelah ke arah luar untuk membentuk cabang akar. Pembentukan cabang akar bersifat endogen.

Sumber: *Biologi,* 1991

▲ Gambar 6.4 Penampang melintang akar dengan sebuah cabang akar

Di dalam stele terdapat berkas pengangkut dan jaringan-jaringan lainnya. Berkas pengangkut berupa xilem dan floem yang tersusun secara teratur membentuk jari-jari atau radial. Pada tumbuhan dikotil antara *xilem* dan *floem* dipisahkan oleh kambium. Kambium ke arah luar membentuk kulit, sedangkan ke arah dalam membentuk kayu.

Sumber: *Biologi,* 1994

▲ Gambar 6.5 Tumbuh lingkar sekunder akar
(a) Tingkat awal pertumbuhan sekunder, kambium telah berkembang dan membentuk floem dan xilem sekunder.
(b) Tingkat berikutnya, setelah aktivitas kambium terjadi.

Pada akar tumbuhan monokotil, letak xilem dan floem berselang-seling membentuk lingkaran. Adapun pada akar tumbuhan dikotil, xilem berbentuk bintang di pusat akar dan floem mengelilingi xilem.

Akar tumbuhan yang paling dalam menancap ke tanah adalah akar pohon ara liar yang tumbuh di Goa Echo, Afrika Selatan. Panjang akarnya 120 meter, kira-kira sepanjang ukuran 1.000 wortel yang besarnya sedang.

Untuk lebih memahami struktur akar tanaman dikotil dan monokotil, lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 6.1

Tujuan: Menjelaskan perbedaan struktur akar tanaman dikotil dan monokotil.

Alat dan Bahan

1. Kaca pembesar (lup)
2. Tanaman dikotil (misal: kacang tanah)
3. Tanaman monokotil (misal: jagung)

Cara Kerja

1. Cabutlah tanaman dikotil (misal: kacang tanah) dan tanaman monokotil (misal: jagung) hingga ke akarnya. Hati-hati pada saat mencabut tanaman, jangan sampai merusak tanaman lain.
2. Amati akar dari kedua tanaman tersebut dengan saksama dan untuk memperjelas pengamatanmu gunakanlah lup.
3. Gambarlah hasil pengamatanmu, seperti pada tabel berikut dan berilah keterangan bagian-bagiannya.

Pertanyaan

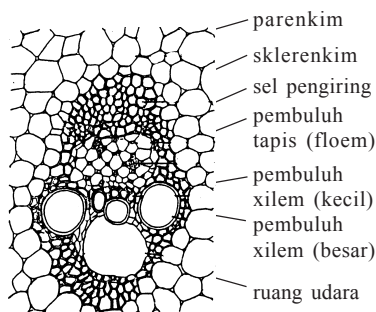
1. Tanaman apakah yang akarnya mempunyai bagian-bagian yang lebih lengkap?
2. Apa nama sistem perakaran pada tanaman tersebut?
3. Tanaman apakah yang akarnya mempunyai bagian-bagian yang kurang lengkap?
4. Apa nama sistem perakaran pada tanaman tersebut?
5. Apa kesimpulanmu setelah melakukan kegiatan ini?

2. Batang

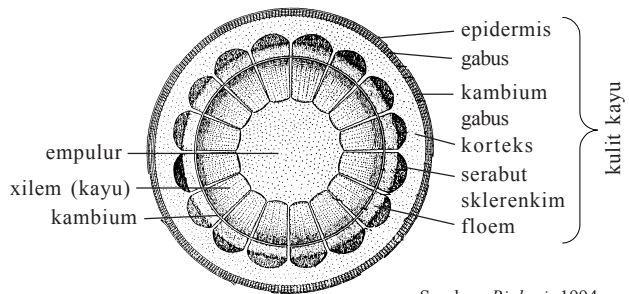
Batang merupakan sumbu utama tubuh tumbuhan. Bagian tumbuhan yang termasuk batang meliputi cabang, ranting, dan leher akar. Batang mempunyai beberapa fungsi, yaitu menyokong tumbuhan; tempat lalu lintas pengangkutan air, mineral, dan zat makanan; tempat melekatnya daun; tempat penyimpanan makanan (misalnya rizoma pada jahe dan umbi pada kentang); sebagai alat perkembangbiakan secara vegetatif (stek).

Secara morfologi (struktur luar) batang mempunyai beberapa perbedaan dengan akar. Perbedaan morfologi antara batang dan akar, antara lain:

1) batang mempunyai ruas-ruas, sedangkan akar tidak mempunyai ruas-ruas;
2) batang mempunyai daun, sedangkan akar tidak mempunyai daun;
3) batang tidak mempunyai bulu, sedangkan akar mempunyai bulu akar;
4) batang tidak mempunyai tudung, sedangkan akar mempunyai tudung akar.

Jika pada batang monokotil dan dikotil dibuat sayatan akan dapat dilihat bagian-bagian batang. Sebelum terjadi pertumbuhan menebal sekunder, susunan anatomi batang sama dengan akar, yaitu epidermis, korteks, endodermis, dan stele.

penampang melintang berkas (ikatan) pembuluh batang monokotil (jagung)

Sumber: *Biologi,* 1994

▲ Gambar 6.6 Penampang melintang batang monokotil

Sumber: *Biologi,* 1994

▲ Gambar 6.7 Bagan penampang melintang batang dikotil berkayu muda

a. Epidermis

Jaringan epidermis batang terdiri atas satu lapis sel yang tersusun rapat dan tidak terdapat ruang antarsel. Lapisan ini berfungsi sebagai alat pelindung tubuh. Dinding sel epidermis yang langsung berbatasan dengan udara dilapisi oleh kutikula atau lapisan lilin yang berfungsi untuk melindungi batang dari kekeringan. Pada tumbuhan kayu yang telah tua terdapat kambium gabus yang menggantikan fungsi jaringan primer. Kegiatan kambium gabus adalah untuk melakukan pertukaran gas melalui celah yang disebut *lentisel.*

b. Korteks

Seperti halnya pada korteks akar, korteks pada batang juga tersusun atas lapisan-lapisan sel, tetapi mempunyai banyak ruang antarsel yang penting untuk pertukaran gas. Sel-sel tersebut adalah sel-sel parenkim yang berdinding tipis. Selain itu, di korteks juga terdapat kolenkim dan sklerenkim yang berfungsi menyokong dan memperkuat tubuh.

c. Endodermis

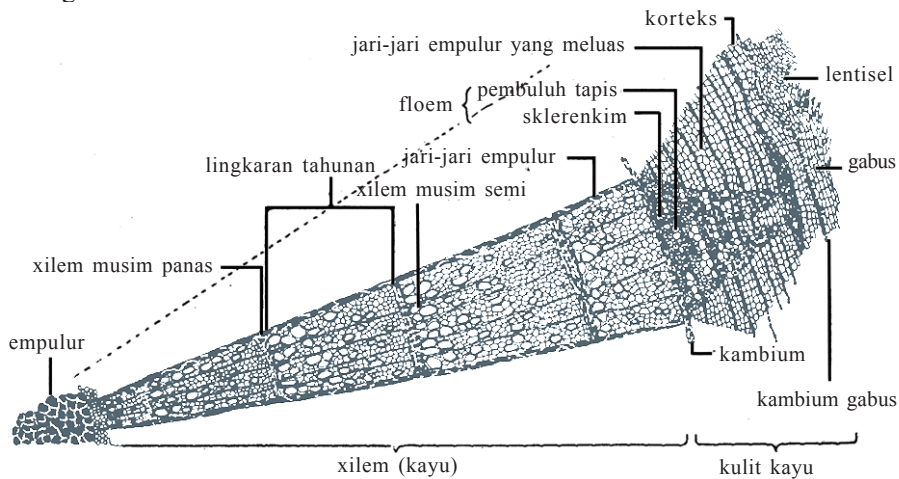
Endodermis batang tersusun atas satu lapisan sel yang mengandung zat tepung, sehingga endodermis pada batang tumbuhan berbiji tertutup biasa disebut sarung tepung atau *floeterma*. Lapisan ini merupakan pemisah antara stele dengan korteks.

d. Stele atau Silinder Pusat

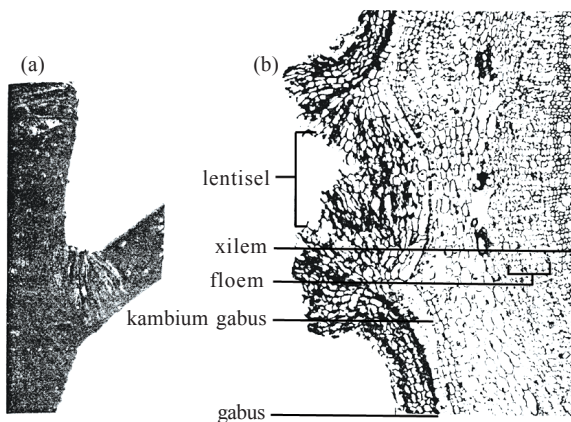
Stele terletak di sebelah dalam korteks. Bagian tersebut merupakan bagian batang yang terdalam. Lapisan terluar dari stele disebut *perisikel* atau perikambium. Di sebelah dalamnya terdapat parenkim dan berkas pengangkut yang berupa xilem dan floem.

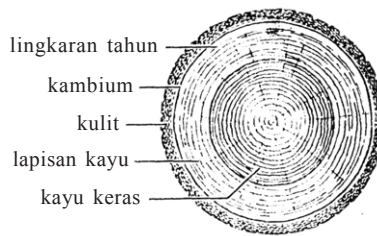
Parenkim yang terdapat pada stele *Angiospermae* dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu parenkim yang terdapat di tengah stele disebut empulur, dan parenkim yang terdapat di antara pembuluh angkut disebut jari-jari empulur.

Pada tumbuhan dikotil, di bagian tepi stele dibatasi oleh jaringan meristem, yaitu kambium, sedangkan pada tumbuhan monokotil tidak mempunyai kambium. Seperti halnya pada akar, batang mengalami pertumbuhan sekunder karena aktivitas kambium, di samping juga mengalami pertumbuhan primer.

Pada akar dan batang tumbuhan dikotil, di antara xilem dan floem terdapat kambium sebagai jaringan meristem dan merupakan titik tumbuh sekunder. Aktivitas kambium mengakibatkan akar dan batang dikotil bertambah besar.

Sumber: *Biologi,* 1991

▲ Gambar 6.8 Satu sektor penampang melintang batang dikotil yang telah mengalami pertumbuhan sekunder

Pembentukan jaringan ke arah dalam oleh kambium lebih cepat dibandingkan pembentukan jaringan ke arah luar. Hal itu menyebabkan jaringan pelindung sebelah luar pecah-pecah dan rusak. Akibat dari kerusakan tersebut maka di bawah epidermis terbentuk kambium gabus atau *felogen* yang menyebabkan pertukaran gas melalui epidermis batang terhambat. Untuk itu, pada beberapa tempat epidermis batang dikotil terdapat celah-celah gabus berbentuk lensa yang disebut *lentisel.*

Sumber: *Biologi,* 1991

◀ Gambar 6.9 *(a)* Sebagian dari ranting pohon kenari (*Aesculus hippocastanum*) yang memperlihatkan lentisel pada kulit kayu. Lentisel terlihat seperti titik-titik terang, *(b)* Potongan melintang dari sebagian batang muda *Sambucus* yang memperlihatkan lentisel (diperbesar).

Sumber: *Biologi,* 1991

▲ Gambar 6.10 Lingkaran tahun pada penampang melintang batang

Aktivitas kambium tidak berlangsung sepanjang tahun, tetapi hanya pada waktu air dan zat makanan cukup. Adapun pada waktu musim kemarau, aktivitas kambium terhenti. Akibatnya, terjadilah peristiwa tumbuh dan terhentinya pertumbuhan yang berlangsung sepanjang hidup tumbuhan tersebut. Oleh karena itu, pada penampang melintang batang maupun akar tampak adanya lingkaran konsentris yang menunjukkan pertumbuhan menebal sekunder secara periodik. Gejala itu disebut lingkaran tahun.

Kayu pada batang maupun akar tersusun dari bagian-bagian sebagai berikut.

1) *Xilem* atau *pembuluh kayu*, berupa trakeid maupun trakea, yang berfungsi untuk mengangkut air dan garam-garaman tanah dari akar ke daun. Trakea adalah pembuluh kayu yang tersusun atas sel-sel yang lebar, protoplasma, dan sekatnya telah hilang.
2) *Serabut-serabut kayu*, berfungsi sebagai penyokong atau penguat.
3) *Parenkim kayu*, yaitu jaringan yang terletak di antara pembuluh kayu dan serabut kayu. Parenkim kayu berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan.

Kulit pada batang maupun akar terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut.

1) *Pembuluh kulit* atau *floem* beserta sel-sel pengiring. Pembuluh ini berfungsi untuk mengangkut hasil asimilasi.
2) *Jaringan penunjang*, yang terdiri atas sel-sel batu, serabut-serabut sklerenkim, dan sel-sel kolenkim yang hidup.
3) *Parenkim kulit pertama,* yang berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan.

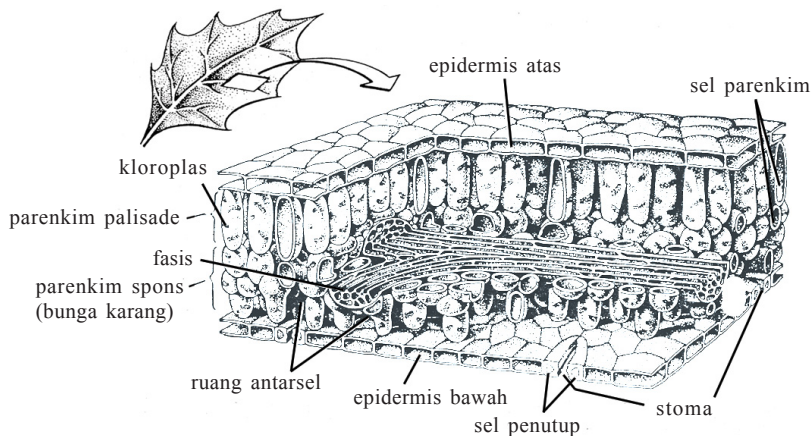
3. Daun

Daun merupakan organ tumbuhan yang paling luas permukaannya. Organ ini paling efektif untuk menyelenggarakan proses fotosintesis dan penguapan (*transpirasi*). Bentuk daun biasanya tipis melebar dan kaya akan zat hijau daun atau *klorofil.* Selain sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis dan transpirasi, daun juga berfungsi sebagai tempat berlangsungnya pernapasan (*respirasi*).

Dilihat dari bentuk luarnya, daun mempunyai bagian-bagian yang berupa upih daun atau pelepah daun, tangkai daun, dan helaian daun. Pada tangkai daun ditemukan adanya pangkal tangkai daun atau *stipula.*

Apabila daun memiliki ketiga bagian tersebut di atas disebut daun sempurna dan apabila daun tidak memiliki satu atau lebih bagian di atas disebut daun tidak sempurna. Tumbuhan apakah yang mempunyai daun sempurna dan tumbuhan apakah yang mempunyai daun tidak sempurna? Coba, perhatikan daun-daun tumbuhan yang ada di sekitar tempat tinggalmu.

Jika dilihat dengan irisan melintang, urutan penyusun daun dari atas ke bawah secara umum terdiri atas epidermis daun, mesofil, berkas pengangkut, dan jaringan tambahan.

Sumber: *Biologi,* 1991

▲ Gambar 6.11 Jaringan pada daun

a. Epidermis Daun

Epidermis daun merupakan lapisan terluar yang biasanya terdiri atas satu lapisan sel pipih, berdinding tebal, dan kadang kala dilapisi kutikula atau lapisan lilin. Di beberapa tempat pada epidermis terdapat mulut daun atau *stomata*. Pada umumnya stomata terdapat pada kedua permukaan daun. Stomata berperan dalam proses transpirasi daun dan penyerapan zat-zat dari sekelilingnya. Pada umumnya tumbuhan darat mempunyai stomata yang terdapat di epidermis bawah permukaan daun, sedangkan pada tumbuhan air terdapat di permukaan atas daun.

b. Mesofil

Mesofil daun terdiri atas jaringan parenkim yang dapat dibedakan atas parenkim palisade (jaringan pagar atau tiang) dan parenkim spons atau jaringan bunga karang. Sel-sel penyusun parenkim palisade tersusun rapat, banyak mengandung klorofil sehingga pada bagian inilah berlangsung fotosintesis atau asimilasi zat karbon. Adapun jaringan bunga karang tersusun atas sel-sel yang bentuk dan letaknya tidak beraturan, banyak mempunyai ruang antarsel, dan tidak mempunyai banyak kloroplas.

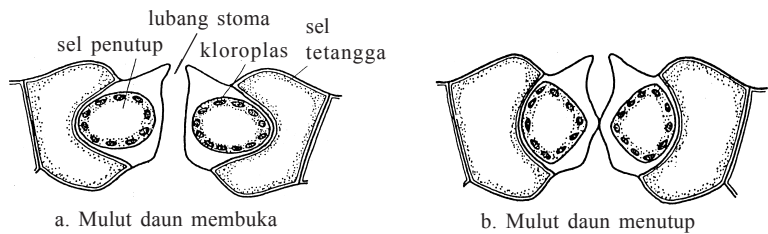
Pada jaringan bunga karang, biasanya dekat dengan permukaan bawah daun, terdapat berkas pembuluh pengangkutan yang berupa tulang-tulang daun. Bagian ini dapat disamakan dengan stele yang merupakan cabang dari stele pada batang.

c. Berkas Pengangkut

Berkas pengangkut terdapat pada tulang daun. Tipe berkas pengangkut ini sama dengan tipe berkas pengangkut pada batang. Selain sebagai alat transportasi, tulang daun juga berfungsi sebagai penguat daun.

d. Jaringan Tambahan

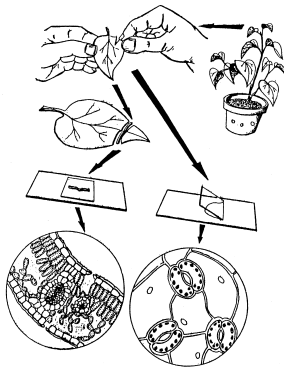
Pada tumbuh-tumbuhan tertentu dapat ditemukan adanya sel-sel khusus pada daun. Misalnya saluran getah, sel-sel kristal, dan kelenjar. Sel-sel tersebut umumnya terdapat pada mesofil daun.

Sumber: *Biologi,* 1994

▲ Gambar 6.12 Mulut daun dan lentisel

Untuk lebih memahami susunan anatomi daun, lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Tujuan: Menjelaskan susunan anatomi daun.

Alat dan Bahan
- Mikroskop
- Kaca objek
- Kaca penutup
- Pipet tetes
- Pinset
- Silet
- Air
- Sediaan awetan anatomi daun/ daun tumbuhan (yang tebal)

Cara Kerja
1. Buatlah irisan melintang daun tumbuhan setipis mungkin dengan menggunakan pisau silet. Hati-hati saat membuat irisan, jangan sampai tanganmu terkena pisau silet.
2. Letakkan irisan tersebut di atas kaca objek, kemudian berilah setetes air.
3. Tutuplah irisan daun pada kaca objek tersebut dengan kaca penutup, kemudian amatilah di bawah mikroskop. Jika di sekolahmu tersedia sediaan awetan anatomi daun, kamu langsung dapat mengamatinya di bawah mikroskop.
4. Gambarlah hasil pengamatanmu pada buku kerjamu.

Cara memperoleh sediaan epidermis daun dan cara memeriksa sediaan

Pertanyaan

A. Epidermis atas

1. Ada berapa lapisan sel yang menyusun epidermis atas?
2. Bagaimana susunan sel-sel epidermis atas tersebut?
3. Dapatkah kamu temukan lapisan kutikula pada epidermis atas?
4. Jelaskan fungsi dari kutikula tersebut.

B. Jaringan tiang

1. Ada berapa lapisan sel yang menyusun jaringan tiang?
2. Adakah kloroplas pada sel-sel penyusun jaringan tiang tersebut?
3. Jelaskan fungsi dari jaringan tiang.

C. Jaringan bunga karang

1. Jika dibandingkan dengan susunan sel pada jaringan tiang, bagaimana susunan sel pada jaringan bunga karang?
2. Adakah kloroplas pada sel penyusun jaringan bunga karang? Bagaimana jumlahnya?
3. Jelaskan fungsi jaringan bunga karang.

D. Berkas pengangkutan

1. Di manakah letak berkas pengangkutan pada daun yang kamu amati?
2. Ada berapa macam berkas pengangkutan pada daun? Sebutkan.
3. Jelaskan fungsi masing-masing berkas pengangkut tersebut.

E. Epidermis bawah

1. Dapatkah kamu temukan stomata pada bagian tersebut?
2. Apa fungsi stomata tersebut?

B. PENGANGKUTAN PADA TUMBUHAN

Untuk kelangsungan hidupnya, tumbuhan memerlukan zat-zat yang berasal dari luar tubuhnya. Air dan mineral yang dibutuhkan oleh tumbuhan diserap oleh akar dari dalam tanah. Adapun gas-gas seperti CO_2 dan O_2 diambil melalui mulut daun (*stomata*) dari udara di sekelilingnya. Air dan garam mineral masuk ke akar melalui epidermis akar secara *difusi* dan *osmosis*.

Selain pengangkutan zat dari luar (lingkungan) ke tubuh tumbuhan, di dalam tubuh tumbuhan juga terjadi pengangkutan air dan hasil fotosintesis. Pengangkutan ini melalui xilem dan floem.

Radar Sains

Suatu larutan dapat berpindah ke medium yang berbeda secara difusi atau osmosis. Difusi adalah perpindahan larutan berkonsentrasi tinggi ke medium berkonsentrasi lebih rendah.

Adapun osmosis adalah perpindahan larutan berkonsentrasi rendah ke medium berkonsentrasi lebih tinggi melalui selaput semipermeabel.

1 Pengangkutan melalui xilem

Di dalam tubuh tumbuhan, xilem merupakan pipa-pipa yang saling berhubungan antara yang satu dengan yang lain. Dari pipa kapiler itu, air naik dari akar ke ujung batang melawan gravitasi dan juga mengatasi gesekan dari dinding pipa.

Xilem berfungsi untuk mengangkut air dan mineral dari akar ke atas menuju jaringan-jaringan lain. Posisi xilem bersebelahan dengan floem. Pada tumbuhan dikotil, xilem dan floem dibatasi oleh kambium. Tenaga yang menyebabkan pengangkutan dari akar ke daun adalah daya tekan akar, daya isap daun, dan kapilaritas.

a. Daya tekan akar

Jika kamu memotong batang di dekat tanah, dari bekas potongan batang tersebut keluar airnya. Keadaan tersebut memberi bukti bahwa di daerah akar ada suatu tenaga penggerak air menuju ke atas. Tenaga itu merupakan daya tekan akar.

Radar Sains

Pengangkutan pada tumbuhan tingkat tinggi dibedakan secara ekstrafasikuler dan intrafasikuler. Pengangkutan ekstrafasikuler berlangsung tanpa melalui berkas pembuluh angkut. Biasanya pengangkutan ini berlangsung dari sel ke sel dan arahnya mendatar. Adapun pengangkutan intrafasikuler berlangsung melalui berkas pembuluh angkut (xilem dan floem).

b. Daya isap daun

Daya isap daun berhubungan erat dengan peristiwa transpirasi. Transpirasi adalah pengeluaran air oleh tumbuhan melalui proses penguapan yang terjadi pada daun. Akibat transpirasi, daun memiliki daya isap terhadap air dan mineral sehingga air terisap ke atas melalui xilem.

c. Kapilaritas

Xilem yang dilalui air merupakan pembuluh yang tersusun dari sel atau jaringan yang mati karena tidak mempunyai sitoplasma lagi. Dalam hal ini, xilem dapat dipandang sebagai pipa kapiler, sehingga air di dalamnya dapat naik sebagai akibat dari adhesi antara dinding xilem dengan molekul-molekul air.

Untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi pengangkutan air pada tumbuhan, lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 6.3

Tujuan: Menunjukkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pengangkutan air pada tumbuhan.

Alat dan Bahan

- Gelas erlenmeyer
- Pisau
- Larutan eosin
- Tumbuhan pacar air

Cara Kerja

1. Cabutlah dua buah tanaman pacar air yang sama besarnya, kemudian cucilah akarnya.
2. Pangkaslah daun pada salah satu tanaman, hingga tersisa batangnya saja.

3. Potonglah bagian akar tanaman tersebut di dalam air sehingga sama tinggi. Setelah dipotong, segera tutuplah dengan jari telunjuk tepat pada bagian yang dipotong.
4. Masukkan kedua tanaman tersebut ke dalam gelas erlenmeyer yang sudah diberi eosin.
5. Amati bagian batang dan daun tanaman tersebut selama 30 menit.
6. Catatlah hasil pengamatanmu pada suatu tabel.

Pertanyaan

1. Apakah kamu melihat adanya garis-garis merah pada kedua batang tanaman tersebut?
2. Apakah sebenarnya garis merah pada batang tersebut?
3. Apakah garis merah juga ada pada daun? Mengapa?
4. Pada tanaman yang manakah larutan eosin bergerak lebih cepat? Mengapa?
5. Apakah peranan daun pada pengangkutan larutan eosin tersebut?
6. Mengapa pada tanaman yang tidak berdaun larutan eosin tetap dapat naik?
7. Faktor apa saja yang memengaruhi naiknya larutan eosin pada tanaman yang berdaun?

2. Pengangkutan melalui floem

Selain melalui xilem, pengangkutan intrafasikuler juga berlangsung melalui floem. Hasil fotosintesis yang terdapat di daun tidak ditimbun saja, melainkan diangkut ke seluruh bagian tumbuhan melalui floem.

Penyusun floem meliputi pembuluh tapis, sel pengiring, serabut floem, dan parenkim floem. Bentuk sel-sel floem ini juga menyerupai pipa yang ujung-ujungnya saling berhubungan. Bedanya dengan xilem, floem terdiri atas sel-sel yang hidup. Ujung sel floem berlubang-lubang dan disebut pembuluh tapis.

Latihan

1. Sebutkan struktur penyusun organ akar, batang, dan daun.
2. Jelaskan fungsi dari jaringan epidermis, kolenkim, sklerenkim, dan parenkim.
3. Apakah perbedaan fungsi antara xilem dan floem.

Rangkuman

1. Organ pokok tumbuhan tingkat tinggi terdiri atas akar, batang, dan daun.
2. Struktur anatomi akar dari luar ke dalam meliputi epidermis, korteks, endodermis, dan stele (silinder pusat). Akar berfungsi untuk melekatkan tumbuhan pada tanah, menyerap garam mineral dan air, menyimpan makanan, dan untuk bernapas.
3. Struktur anatomi batang dari luar ke dalam meliputi epidermis, korteks, endodermis, dan stele (silinder pusat). Batang berfungsi untuk menyokong tumbuhan, tempat lalu lintas pengangkutan, tempat melekatnya daun, tempat menyimpan makanan, dan sebagai alat perkembangbiakan secara vegetatif.
4. Secara umum struktur anatomi daun dari atas ke bawah terdiri atas epidermis atas, mesofil (jaringan tiang dan jaringan bunga karang), berkas pengangkut (xilem dan floem), dan epidermis bawah. Daun berfungsi untuk menyerap CO_2 dari udara, tempat melakukan fotosintesis, untuk transpirasi, dan untuk respirasi.
5. Tumbuhan menyerap air dan mineral dari dalam tanah melalui akar. Gas seperti karbon dioksida dan oksigen diambil dari udara melalui stomata dan lentisel. Pengambilan air dan mineral dari tanah dilakukan dengan cara difusi dan osmosis.
6. Xilem merupakan berkas pembuluh angkut yang tersusun dari elemen pembuluh, trakeid, serabut xilem, dan parenkim. Pengangkutan lewat xilem khusus untuk mengangkut air dan garam mineral dari akar ke daun. Floem merupakan berkas pembuluh yang tersusun dari elemen pembuluh tapis, sel pengiring, serabut floem, dan parenkim floem. Pengangkutan lewat floem khusus mengedarkan gula hasil fotosintesis ke seluruh bagian tumbuhan yang memerlukan.

Refleksi

Setelah mempelajari mengenai struktur dan fungsi Jaringan Tumbuhan, kamu tentu sudah memahami dan dapat menjelaskan kembali tentang organ pada tumbuhan, dan pengangkutan pada tumbuhan. Apabila terdapat hal-hal yang menurut kamu belum jelas atau kurang dapat dipahami. Pelajari kembali materi ini dengan cermat. Carilah referensi bacaan pendukung melalui artikel, majalah, maupun internet.

Glosarium

apoplas	:	dinding sel tumbuhan yang menghubungkan jaringan tumbuhan.
kolateral	:	jaringan pengangkut dengan xilem dan floem pada jarak yang sama dan xilem berada di luar.
kolenkim	:	jaringan tumbuhan yang bagian sudut sel-selnya mengalami penebalan.
meristem	:	jaringan tumbuhan yang mampu melakukan mitosis dan membentuk sel serta jaringan baru.
mesoderm	:	lapisan antara ektoderm dan endoderm.
palisade	:	sel pagar yang terletak di bawah epidermis atas daun, banyak mengandung klorofil.
semipermeabel	:	keadaan selaput yang dapat dilalui air.
simplas	:	protoplasma penghubung jaringan tumbuhan.
sklereid	:	jenis sel sklerenkim yang mempunyai dinding tebal dari lignin.

Uji Kompetensi

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

1. Berikut ini termasuk fungsi akar, *kecuali* ....
   a. memperkuat berdirinya tumbuhan
   b. organ perkembangbiakan seksual
   c. menyerap mineral dari tanah
   d. tempat menyimpan cadangan makanan
2. Bagian akar berikut yang tidak kita temukan pada akar tumbuhan dikotil adalah ....
   a. rambut akar
   b. akar primer
   c. akar adventif
   d. akar sekunder
3. Jika akar dipotong secara melintang, akan tampak bagian-bagian akar dari luar ke dalam, yaitu ....
   a. stele, korteks, endodermis, epidermis
   b. korteks, endodermis, epidermis, stele
   c. epidermis, endodermis, stele, korteks
   d. epidermis, korteks, endodermis, stele
4. Persamaan antara batang monokotil dan dikotil terletak pada ....
   a. jumlah berkas pengangkut
   b. letak jaringan epidermis
   c. adanya kambium
   d. susunan berkas pembuluh
5. Pernyataan berikut yang *bukan* merupakan contoh difusi adalah ....
   a. menetesnya embun dari daun ke tanah
   b. masuknya karbon dioksida ke daun
   c. penyerapan air oleh rambut-rambut akar
   d. keluarnya uap air dari daun
6. Lapisan lilin pada daun terletak di ....
   a. atas epidermis
   b. antara floem dan xilem
   c. bawah jaringan bunga karang
   d. bawah jaringan tiang

7. Bagian daun yang paling banyak mengandung klorofil adalah ….
   a. epidermis atas
   b. jaringan tiang
   c. jaringan bunga karang
   d. berkas pembuluh
8. Perhatikan data tanaman berikut.
   1. Turi
   2. Kacang Tanah
   3. Mentimun
   4. Kelapa
   5. Kecubung
   6. Salak

   Di antara tanaman di atas yang mempunyai bunga lengkap adalah ....
   a. 1, 2, dan 3
   b. 1, 2, dan 5
   c. 2, 4, dan 5
   d. 3, 5, dan 6
9. Penguapan air dari daun tumbuhan berlangsung melalui ....
   a. jaringan palisade
   b. jaringan spons
   c. kutikula
   d. stomata
10. Pengangkutan air dan garam mineral secara ekstrafasikuler dimulai dari ....
    a. akar rambut sampai ke xilem akar
    b. akar rambut sampai ke floem batang
    c. xilem akar ke xilem batang
    d. floem akar ke floem batang
11. Berikut ini termasuk faktor yang memengaruhi naiknya air dari akar sampai ke daun, *kecuali* ....
    a. tekanan akar
    b. kapilaritas xilem
    c. daya isap daun
    d. tekanan air
12. Perpindahan air dari luar ke dalam cairan sel berlangsung secara ....
    a. osmosis
    b. transpor aktif
    c. difusi
    d. imbibisi
13. Berkas pembuluh yang mengangkut air dan garam mineral dari dalam tanah ke daun adalah ....
    a. xilem
    b. floem
    c. sel pengiring
    d. serabut kulit
14. Lapisan lilin pada daun terletak di ....
    a. atas epidermis
    b. antara floem dan xilem
    c. bawah jaringan bunga karang
    d. bawah jaringan tiang
15. Bagian daun yang berperan pada proses pengeluaran air adalah ....
    a. kloroplas
    b. bunga karang
    c. stoma
    d. ruang antarsel

B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.

1. Apa fungsi akar bagi tumbuhan?
2. Jelaskan perbedaan morfologi antara batang dan akar.
3. Apakah yang dimaksud lingkaran tahun dan bagaimana proses terjadinya?
4. Apa yang akan terjadi, jika sel tumbuhan dimasukkan ke dalam larutan yang hipertonis?
5. Apa fungsi stoma bagi tumbuhan?

Bab 7

NUTRISI DAN ENERGI PADA TUMBUHAN

Sumber: *Indonesian Heritage,* 2002

Pada saat terik siang hari, jika kita berada di dekat pohon rindang akan terasa sejuk. Hal tersebut tidak akan terjadi pada malam hari. Mengapa demikian? Untuk lebih jelasnya ikuti pembahasan materi berikut.

Fenomena yang kamu rasakan tersebut dapat kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan proses perolehan nutrisi dan transformasi energi pada tumbuhan hijau.

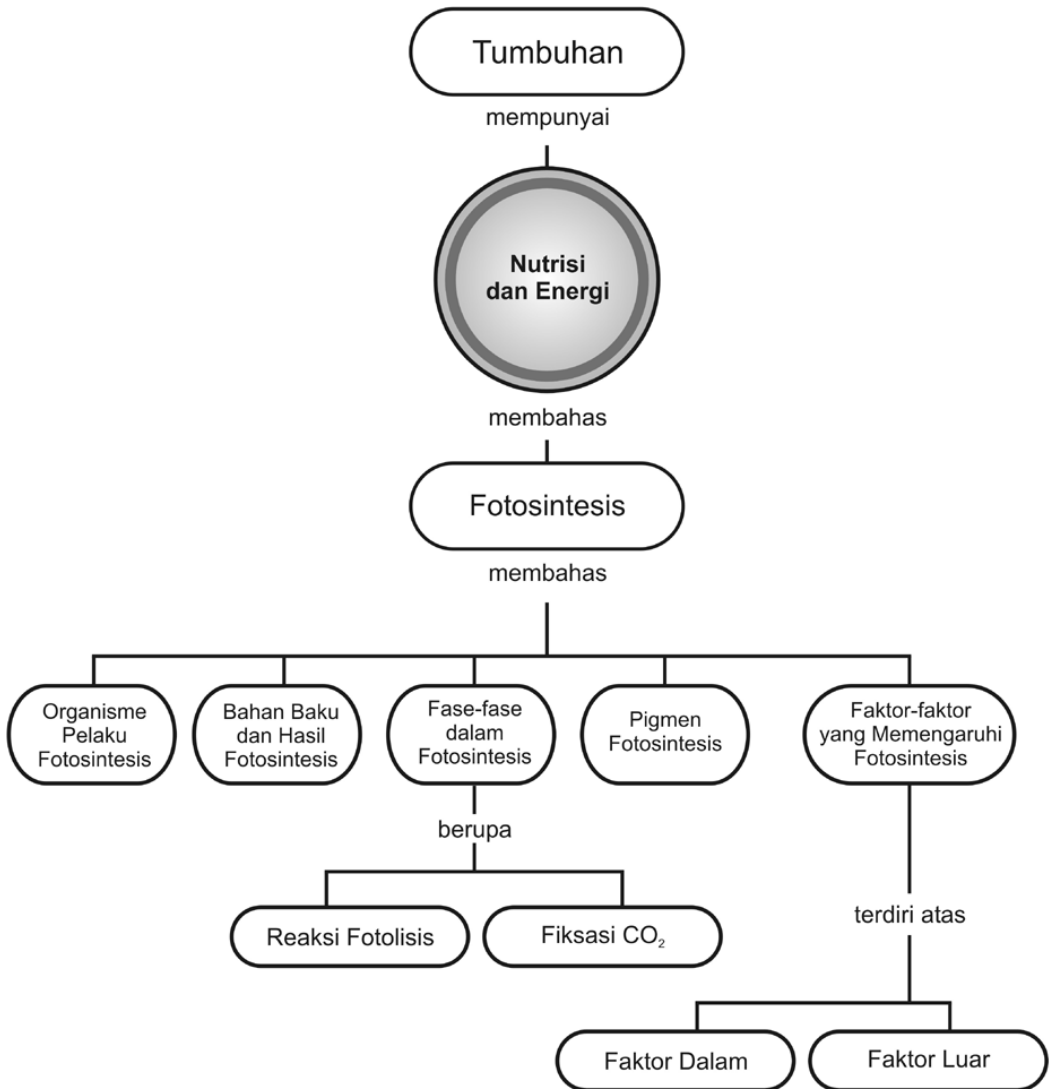
❖ Pretest ❖

1. Mengapa fotosintesis terjadi pada siang hari?
2. Apakah yang dihasilkan dari proses fotosintesis?

❖ Kata-Kata Kunci ❖

- metabolisme
- fotosintesis
- fotolisis
- klorofil

Peta Konsep

Tumbuhan
mempunyai
Nutrisi dan Energi
membahas
Fotosintesis
membahas
Organisme Pelaku Fotosintesis
Bahan Baku dan Hasil Fotosintesis
Fase-fase dalam Fotosintesis
Pigmen Fotosintesis
Faktor-faktor yang Memengaruhi Fotosintesis
berupa
Reaksi Fotolisis
Fiksasi CO_2
terdiri atas
Faktor Dalam
Faktor Luar

Makhluk hidup, termasuk tumbuhan, memerlukan nutrisi dan energi untuk aktivitas hidupnya. Untuk keperluan tersebut di dalam tubuh makhluk hidup terjadi proses *metabolisme*.

A. FOTOSINTESIS

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *menunjukkan bagian daun yang berperan dalam fotosintesis;*
- *melakukan dan melaporkan percobaan fotosintesis;*
- *menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi fotosintesis.*

Untuk melakukan aktivitas makhluk hidup memerlukan nutrisi dan energi. Proses untuk mendapatkan nutrisi dan energi salah satunya melalui proses fotosintesis.

1. Organisme Autotrof sebagai Pelaku Fotosintesis

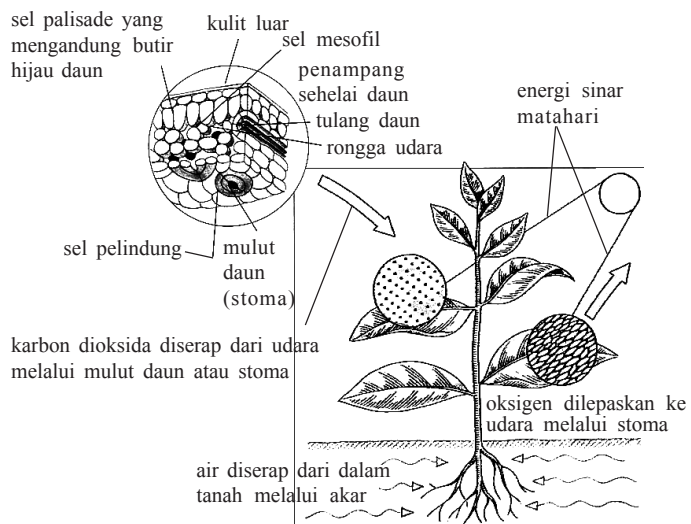
Tahukah kamu, apakah yang dimaksud autotrof? Kata autotrof berasal dari bahasa Latin, *autos* artinya sendiri dan *trophein* artinya makan. Jadi, organisme autotrof cukup makan senyawa anorganik dan tidak bergantung langsung pada organisme lain. Contoh organisme autotrof adalah tumbuhan hijau. Untuk memenuhi kebutuhan makanannya, tumbuhan hijau mengambil senyawa anorganik dari air, tanah, dan udara.

Senyawa organik yang diserap oleh tumbuhan hijau dari tanah maupun udara berupa bahan yang mengandung unsur-unsur C, H, dan O. Selanjutnya, bahan tersebut digunakan untuk membentuk senyawa organik, seperti membentuk karbohidrat (C, H, O); protein (C, H, O, N, S, P); dan lemak (C, H, O). Zat organik yang dibentuk tersebut digunakan untuk berbagai keperluan tubuh. Misalnya karbohidrat dan lemak digunakan sebagai sumber energi untuk melakukan berbagai kegiatan tubuh; protein untuk bahan pembangun protoplasma dan pertumbuhan.

2. Bahan Baku dan Hasil Fotosintesis

Tumbuhan hijau menyerap air dan mineral dari dalam tanah serta mengambil unsur karbon (C) dalam bentuk karbon dioksida (CO_2) dari udara. Kedua zat tersebut, kemudian disintesis menjadi zat organik yang mengandung unsur C dengan bantuan cahaya dan klorofil. Proses tersebut dinamakan *fotosintesis*. Jadi, fotosintesis merupakan proses pembentukan zat organik dengan menggunakan energi cahaya atau foton.

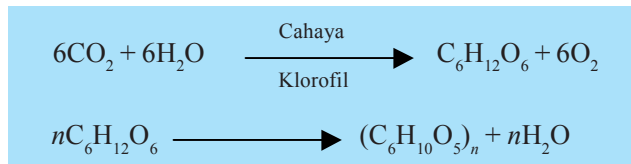
Sumber: *IPP*, 2002

◀ Gambar 7.1 Penyerapan unsur-unsur hara pada tumbuhan

Sumber: *Ensiklopedi Populer Anak,* 2000

▲ Gambar 7.2 Bahan baku dalam proses fotosintesis

Bahan baku untuk proses fotosintesis, yaitu CO_2 dan H_2O serta menghasilkan bahan yang berupa karbohidrat dan O_2. Karbohidrat yang dihasilkan pada fotosintesis tersebut berupa glukosa (gula) yang akan segera diubah kembali menjadi amilum. Adapun reaksi fotosintesis sebagai berikut.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Cahaya}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

$$nC_6H_{12}O_6 \longrightarrow (C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O$$

Pada malam hari, amilum tersebut akan diubah kembali menjadi glukosa dan selanjutnya diangkut ke seluruh tubuh. Di dalam jaringan tubuh, glukosa akan digunakan untuk berbagai keperluan, seperti berikut.

a. Diubah menjadi amilum lagi dan disimpan dalam jaringan, misalnya dalam batang, akar, biji, buah, serta umbi.
b. Diubah menjadi lemak dan protein.
c. Dioksidasi di dalam jaringan guna mendapatkan energi.

Oksigen yang dihasilkan dalam proses fotosintesis akan dilepaskan ke udara. Gas tersebut sangat diperlukan oleh organisme untuk pernapasan.

Beberapa percobaan untuk mengetahui hasil-hasil fotosintesis, antara lain sebagai berikut.

a. Percobaan Engelmann

Bahan yang digunakan sebagai objek percobaan Engelmann adalah ganggang *Spirogyra* dan bakteri yang suka oksigen, yaitu

Bacterium thermo. Dengan menggunakan mikroskop dapat diamati bahwa bakteri-bakteri thermo berkumpul pada bagian kloroplas dari *Spirogyra* yang terkena cahaya matahari. Bakteri-bakteri tersebut berkumpul karena adanya banyak oksigen pada tempat tersebut. Berdasarkan percobaan, Engelmann menyimpulkan bahwa pada peristiwa fotosintesis dihasilkan gas oksigen dan kloroplas yang bertanggung jawab pada hal tersebut.

b. Percobaan Ingenhousz

Pada percobaan Ingenhousz menggunakan objek yang berupa tumbuhan *Hydrilla verticilata*. Berdasarkan hasil percobaan, Ingenhousz menyimpulkan bahwa fotosintesis hanya dapat berlangsung pada bagian tumbuhan yang hijau dan prosesnya bergantung pada intensitas cahaya serta terjadi pembebasan gas oksigen (O_2).

c. Percobaan Sachs

Percobaan Sachs bertujuan untuk membuktikan bahwa dalam fotosintesis dibutuhkan cahaya matahari, terjadi pada bagian tumbuhan yang berklorofil, dan dihasilkan amilum (zat tepung).

Adanya amilum dapat dibuktikan dengan pengujian iodin. Reaksi antara amilum dengan iodin memberikan warna hitam (biru tua). Berdasarkan percobaan, Sachs menyimpukan ternyata amilum hanya terdapat pada daun-daun hijau yang terkena sinar.

Untuk memahami bahwa dalam proses fotosintesis menghasilkan amilum, lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Namun sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 7.1

Tujuan: Menjelaskan bahwa fotosintesis menghasilkan amilum.

Alat dan Bahan

- Gelas piala
- Cawan petri
- Pipet tetes
- Tabung reaksi
- Pemanas bunsen
- Alkohol
- Air
- Larutan iodin
- Daun keladi berwarna-warni
- Kertas saring

Cara Kerja

1. Petiklah daun keladi atau daun lain yang berwarna-warni.
2. Buatlah potongan daun sebanyak dua buah, potongan pertama tepat pada bagian daun yang berwarna hijau dan potongan kedua tepat pada bagian daun yang berwarna putih.
3. Rebuslah kedua potongan daun tersebut pada air mendidih supaya sel-selnya mati.
4. Ambillah potongan daun yang sel-selnya telah mati, selanjutnya masukkan ke dalam alkohol panas.
5. Setelah klorofilnya larut (alkohol berwarna hijau), angkatlah potongan daun dan bersihkan dengan kertas saring, selanjutnya masukkan ke dalam larutan iodin atau berilah beberapa tetes larutan iodin.

Catatan:

Reaksi antara amilum dan larutan iodin menghasilkan warna biru kehitaman.

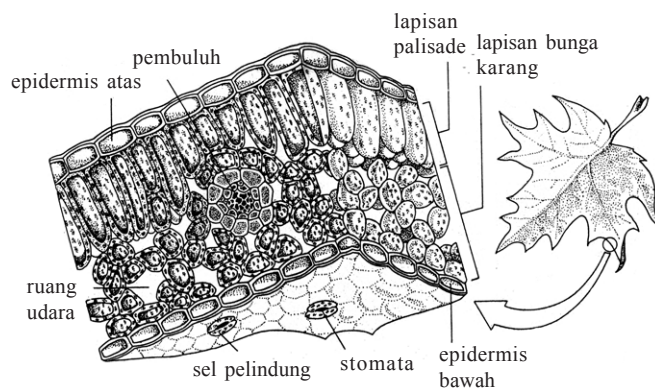
6. Amati dan catatlah hasil percobaanmu pada tabel.

Pertanyaan

1. Mengapa potongan daun pada percobaan dimasukkan ke dalam air mendidih?
2. Bagaimana keadaan alkohol panas yang digunakan untuk merendam potongan daun? Mengapa?
3. Samakah warna akhir percobaan dari kedua potongan daun tersebut di atas? Mengapa demikian? Jelaskan.
4. Pada potongan daun mana proses fotosintesis terjadi?
5. Kesimpulan apa yang dapat kamu ambil dari percobaan di atas?

3. Pigmen Fotosintesis

Salah satu bagian yang terlibat dalam fotosintesis adalah *klorofil*. Apakah yang dimaksud klorofil dan di mana letaknya? Berikut akan diuraikan tentang klorofil yang terdapat di dalam kloroplas.

Kloroplas terdapat terutama pada bagian daun yang dinamakan *mesofil* atau disebut juga daging daun. Selain itu, kloroplas dapat dijumpai pada batang dan ranting yang berwarna hijau. Hal itu disebabkan di dalam kloroplas terdapat pigmen yang berwarna hijau yang disebut klorofil. Pigmen tersebut dapat menyerap energi cahaya matahari.

Sumber: *Biologi*, 1991

▲ Gambar 7.3 Struktur daun yang khas sebagaimana tampak dalam irisan melintang. Sel-sel lapisan palisade melakukan fotosintesis yang paling besar dalam daun

Ada bermacam-macam klorofil pada tumbuhan, yaitu klorofil *a*, *b*, *c*, *d*, dan *e*. Klorofil *a* dan *b* terdapat pada kloroplas tumbuhan tinggi, sedangkan klorofil yang lain terdapat pada jenis alga tertentu.

4. Pengangkutan Hasil Fotosintesis

Hasil-hasil fotosintesis harus diedarkan ke seluruh bagian tubuh tumbuhan. Karena sebagai medium pengangkutan digunakan air, maka zat-zat yang diangkut tersebut harus dapat terlarut dalam air. Dalam hal ini, enzim memainkan peranannya. Zat-zat yang kompleks dan tidak larut dalam air diuraikan oleh enzim dalam bentuk yang lebih sederhana sehingga dapat larut dalam air. Pengangkutan hasil fotosintesis berlangsung melalui pembuluh-pembuluh tapis yang terdapat dalam bagian kulit batang.

5. Peran Fotosintesis bagi Organisme Lain

Sebagaimana telah kamu ketahui, bahwa setiap makhluk hidup memerlukan energi untuk melakukan aktivitas hidupnya. Energi tersebut diperoleh dari penguraian zat makanan yang ada dalam sel tubuhnya.

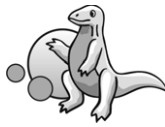
Tumbuhan hijau merupakan contoh makhluk hidup yang dapat membuat zat makanan sendiri, yaitu melalui peristiwa fotosintesis. Selain untuk memenuhi kepentingan sendiri, zat makanan (zat gula) yang dibentuk oleh tumbuhan hijau juga dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup lainnya untuk sumber energi, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Dengan makan nasi, berarti kita bergantung secara langsung pada tumbuhan dan dengan makan daging sapi berarti kita bergantung secara tidak langsung pada tumbuhan. Mengapa demikian?

Selain menghasilkan zat makanan yang berupa zat gula, dalam peristiwa fotosintesis juga menghasilkan gas oksigen. Gas tersebut dikeluarkan dari tubuh tumbuhan hijau melalui stomata atau lentisel. Oksigen diperlukan oleh makhluk hidup untuk bernapas. Oksigen yang masuk ke dalam tubuh makhluk hidup akan digunakan untuk mengoksidasi zat makanan sehingga dihasilkan energi. Jadi, oksigen yang dihasilkan dalam fotosintesis sangat berperan dalam pernapasan tumbuhan hijau sendiri maupun organisme lain yang ada di sekitarnya.

Latihan

1. Apakah yang dimaksud fotosintesis?
2. Tuliskan reaksi kimia fotosintesis.
3. Mengapa fotosintesis digolongkan sebagai reaksi anabolisme?
4. Jelaskan proses pengangkutan hasil fotosintesis pada tumbuhan hijau.
5. Jelaskan peran fotosintesis bagi organisme lain.

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi fotosintesis.

B. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI FOTOSINTESIS

Proses fotosintesis tumbuhan hijau dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat digolongkan menjadi faktor dalam dan faktor luar.

1. Faktor Dalam

Faktor dalam maksudnya faktor yang memengaruhi fotosintesis dari tumbuhan hijau sendiri. Faktor dalam yang memengaruhi fotosintesis sebagai berikut.

a. Struktur daun dan stomata. Tebal tipisnya daun berpengaruh pada jumlah klorofil, stomata, dan mudah/tidaknya daun menyerap cahaya.
b. Penimbunan hasil fotosintesis pada sel yang mengandung klorofil menghalangi pengikatan energi cahaya.
c. Enzim dan protoplasma.

2. Faktor Luar

Faktor luar yang berpengaruh terhadap proses fotosintesis sebagai berikut.

Radar Sains

Ketika tumbuhan pertama kali muncul di bumi berjuta-juta tahun yang lalu, tidak ada binatang hidup. Udara dipenuhi gas beracun, seperti metana dan amonia. Secara berangsur-angsur tumbuhan menyediakan cukup oksigen di udara, sehingga binatang-binatang berkembang dan mempertahankan hidup. Tumbuhan pembuat oksigen pertama di bumi adalah ganggang, yang hidup di laut pada zaman prasejarah.

a. Cahaya matahari

Intensitas, panjang gelombang, dan lama penyinaran berpengaruh pada fotosintesis. Pada saat tertentu cahaya dapat mencapai titik jenuh, yaitu titik yang menunjukkan kecepatan fotosintesis yang tidak bertambah walaupun intensitas cahaya meningkat.

b. Suhu

Suhu optimal untuk berlangsungnya proses fotosintesis berkisar antara 10°C sampai 35°C. Pada suhu tersebut kecepatan fotosintesis berbanding lurus dengan pertambahan suhu. Namun, pada suhu di atas 35°C kecepatan fotosintesis menjadi berbanding terbalik dengan pertambahan suhu.

c. Karbon dioksida (CO_2)

Karbon dioksida merupakan salah satu bahan dasar fotosintesis selain air. Makin tinggi kadar karbon dioksida dan air, makin meningkatkan kemampuan fotosintesis. Pada suhu dan intensitas cahaya optimum, suplai CO_2 meningkat, sehingga kecepatan fotosintesis pun meningkat.

d. Air

Turunnya kadar air di dalam tubuh tumbuhan akan menyebabkan stomata menutup. Hal itu menyebabkan kemampuan fotosintesis akan menurun.

e. Mineral

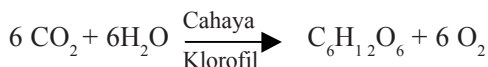
Fotosintesis dipengaruhi oleh mineral terutama yang menyuplai komponen klorofil, seperti magnesium (Mg) dan besi (Fe). Dengan demikian, kedua unsur tersebut dapat meningkatkan kemampuan fotosintesis.

Latihan

1. Sebutkan faktor-faktor dari dalam yang memengaruhi fotosintesis tumbuhan hijau.
2. Sebutkan faktor-faktor dari luar yang memengaruhi fotosintesis tumbuhan hijau.

Rangkuman

1. Untuk hidup tumbuhan melakukan metabolisme, yang meliputi anabolisme dan katabolisme. Anabolisme adalah proses penyusunan/pembentukan molekul kompleks menjadi molekul yang sederhana/pembentukan molekul kompleks dari molekul yang sederhana. Adapun katabolisme adalah proses pembongkaran/pemecahan molekul yang kompleks menjadi molekul yang sederhana. Fotosintesis merupakan salah satu bentuk anabolisme yang hanya dapat terjadi pada tumbuhan hijau dan organisme lain yang berklorofil.
2. Untuk memenuhi kebutuhan makanannya tumbuhan hijau mengambil senyawa anorganik dari air, tanah, dan udara. Senyawa anorganik tersebut selanjutnya digunakan untuk membentuk senyawa organik yang berguna untuk berbagai keperluan tubuh. Oleh karena itu, tumbuhan hijau disebut sebagai produsen bahan organik yang ada di alam dan hasilnya berguna bagi semua kehidupan.
3. Pada proses fotosintesis tumbuhan hijau digunakan bahan baku berupa air (H_2O) dan karbondioksida (CO_2) serta menghasilkan bahan yang berupa karbohidrat dan oksigen (O_2). Proses tersebut berlangsung dengan energi dari cahaya matahari yang diserap oleh klorofil. Adapun reaksi fotosintesis secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut.

$$6\ CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Cahaya}} C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

4. Faktor-faktor yang memengaruhi fotosintesis meliputi faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam, antara lain berupa struktur daun dan stomata, penimbunan fotosintesis, serta enzim dan protoplasma. Faktor luar, antara lain berupa cahaya, suhu, CO_2, air, dan mineral.

Refleksi

Setelah mempelajari mengenai Nutrisi dan Energi pada Tumbuhan, kamu tentu sudah memahami dan dapat menjelaskan tentang proses, hasil, dan faktor-faktor yang memengaruhi fotosintesis tumbuhan hijau.

Apabila terdapat hal-hal yang menurut kamu belum jelas atau kurang dapat dipahami, pelajari sekali lagi materi di atas dengan cermat dan carilah referensi pendukung melalui majalah, artikel, maupun internet.

Glosarium

autotrof : organisme yang dapat membuat sendiri makanannya dari bahan-bahan anorganik.

fotolisis : proses pemisahan molekul air menjadi ion-ion hidrogen dan hidroksil oleh energi matahari pada tahap pendahuluan fotosintesis.

klorofil : zat hijau daun.

kloroplas : organel sel tumbuhan yang mengandung klorofil.

mesofil : daging daun.

metabolisme : pertukaran zat pada organisme yang meliputi proses fisika dan kimia, pembentukan dan penguraian zat yang memungkinkan berlangsungnya hidup.

Uji Kompetensi

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

1. Berikut ini yang termasuk reaksi metabolisme adalah ....
   a. fotosintesis
   b. respirasi
   c. fermentasi
   d. peragian
2. Pernyataan yang benar mengenai organisme autotrof adalah ....
   a. organisme yang bergantung langsung pada organisme lain
   b. makanannya berupa senyawa anorganik
   c. membentuk senyawa organik tanpa bantuan cahaya ataupun zat kimia
   d. mengambil senyawa anorganik hanya dari tanah

3. Unsur-unsur berikut yang terdapat pada protein, tetapi tidak ditemukan pada karbohidrat dan lemak adalah ....
   a. C dan H
   b. H dan O
   c. N dan S
   d. C dan O
4. Unsur berikut yang diambil tumbuhan dari udara adalah ....
   a. H
   b. O
   c. N
   d. C
5. Sumber energi alami pada fotosintesis tumbuhan hijau adalah ....
   a. CO_2
   b. H_2O
   c. cahaya matahari
   d. klorofil
6. Bahan baku fotosintesis yang berupa senyawa anorganik adalah ....
   a. karbon dioksida dan cahaya
   b. karbon dioksida dan air
   c. air dan cahaya
   d. oksigen dan klorofil
7. Hasil akhir fotosintesis tumbuhan hijau berupa ....
   a. karbohidrat dan protein
   b. karbohidrat dan lemak
   c. karbohidrat dan oksigen
   d. karbon dioksida dan oksigen
8. Reaksi fotosintesis yang benar adalah ....
   a. $6CO_2 + 6O_2 \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Cahaya}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O$
   b. $C_6H_{12}O_6 + 6H_2O \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Cahaya}} 6CO_2 + 6O_2$
   c. $C_6H_{12} + 6O_2 \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Cahaya}} 6CO_2 + 6H_2O$
   d. $6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Cahaya}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$
9. Untuk percobaan fotosintesis, Engelmann menggunakan objek yang berupa ....
   a. *Spirogyra* dan bakteri thermo
   b. *Hydrilla* dan bakteri thermo
   c. daun tumbuhan hijau dan bakteri thermo
   d. *Spirogyra* dan *Hydrilla*
10. Percobaan yang membuktikan bahwa fotosintesis menghasilkan oksigen adalah percobaan yang dilakukan oleh ....
    a. Engelmann dan Ingenhousz
    b. Engelmann dan Sachs
    c. Ingenhousz dan Sachs
    d. Sachs saja
11. Pembentukan produk akhir fotosintesis berlangsung di ....
    a. grana
    b. stroma
    c. mesofil
    d. tilakoid
12. Cahaya yang paling banyak diserap daun tumbuhan hijau adalah ....
    a. merah, biru, dan hijau
    b. merah, biru, dan violet
    c. hijau, kuning, dan ungu
    d. merah, kuning, dan jingga
13. Berikut ini unsur yang dapat meningkatkan kemampuan fotosintesis adalah ....
    a. C dan Fe
    b. Mg dan Fe
    c. Fe dan Cl
    d. K dan Cl
14. Dalam fotosintesis, klorofil bertugas untuk ....
    a. membebaskan energi cahaya
    b. memantulkan cahaya yang diterima daun
    c. menangkap dan menyangkut energi cahaya
    d. menyimpan hasil fotosintesis
15. Berikut ini faktor luar yang memengaruhi fotosintesis tumbuhan hijau, *kecuali* ....
    a. enzim dan protoplasma
    b. suhu
    c. mineral
    d. cahaya matahari

B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.

1. Metabolisme merupakan proses kimia di dalam tubuh makhluk hidup yang meliputi anabolisme dan katabolisme. Jelaskan perbedaan antara anabolisme dan katabolisme.
2. Untuk memenuhi kebutuhan makannya tumbuhan hijau melakukan fotosintesis pada siang hari. Apakah yang dimaksud fotosintesis? Tuliskan reaksi kimianya.
3. Ada berbagai percobaan yang dapat dilakukan untuk memahami fotosintesis, salah satunya adalah percobaan Ingenhousz. Jelaskan mengenai objek dan hasil dari percobaan tersebut.
4. Apakah peranan enzim dalam proses fotosintesis?
5. Sebutkan faktor-faktor dari luar yang memengaruhi fotosintensis tumbuhan hijau.

Bab 8

GERAK DAN HAMA PENYAKIT PADA TUMBUHAN

Sumber: *Dok. Penerbit*

Apabila putri malu disentuh, daun-daunnya yang semula terbuka akan menguncup. Daun putri malu yang bisa membuka dan menguncup apabila mendapat sentuhan merupakan bukti bahwa tumbuhan melakukan gerak.

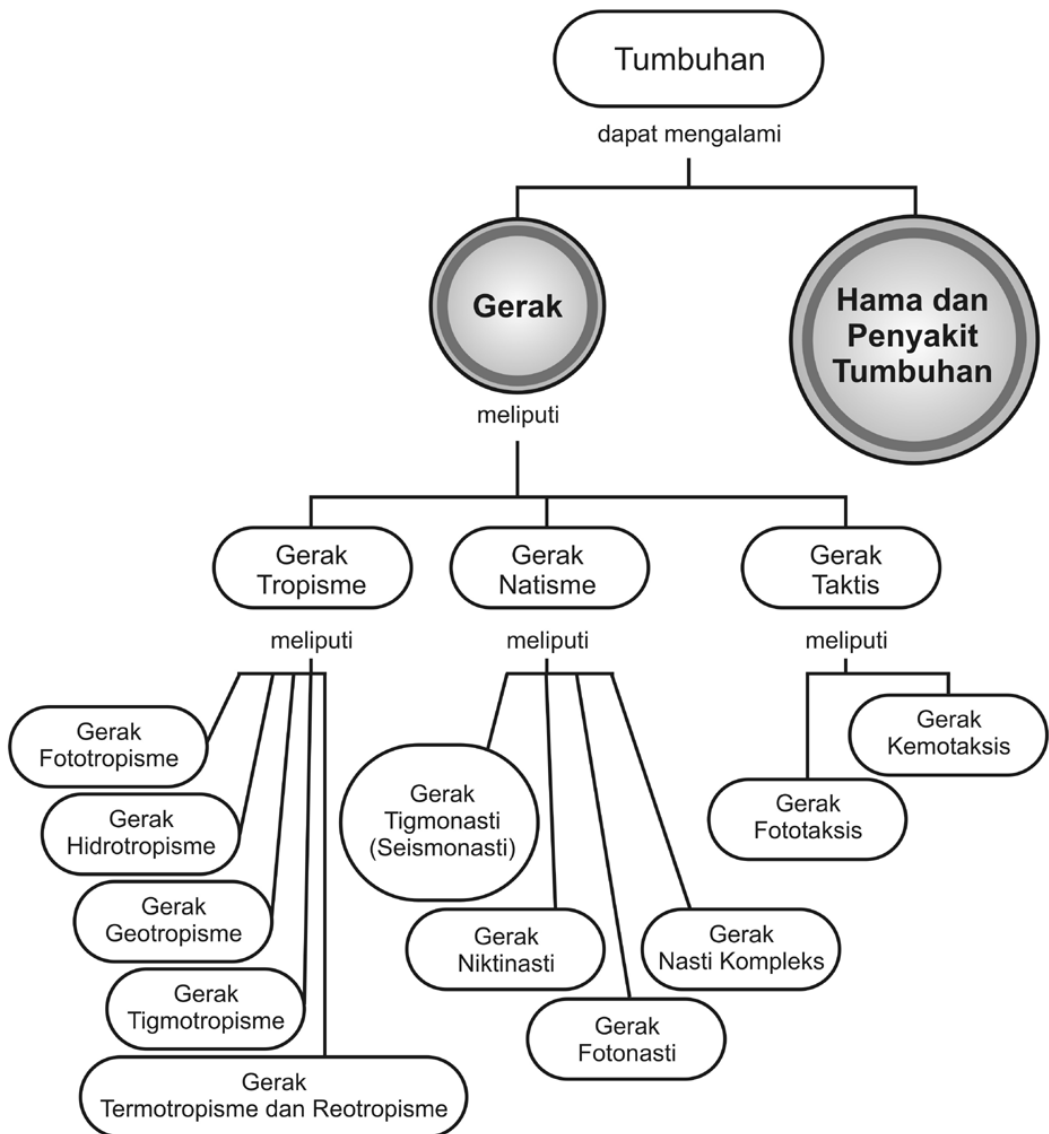
Fenomena gerak daun putri malu akan kamu pelajari pada bab ini. Selain itu kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan gerak tropisme, gerak nasti dan hama penyakit pada tumbuhan.

❖ Pretest ❖

1. Sebutkan perbedaan arah tumbuh batang dengan arah tumbuh akar.
2. Apakah perbedaan gerak geotropisme negatif dan gerak geotropisme positif?
3. Sebutkan tiga contoh hama yang menyerang tumbuhan.

❖ Kata-Kata Kunci ❖

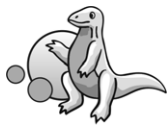
- auksin
- koleoptil
- statolit
- fitokrom
- fotoperiodik

Tumbuhan
dapat mengalami
Gerak
Hama dan Penyakit Tumbuhan
meliputi
Gerak Tropisme
Gerak Natisme
Gerak Taktis
meliputi
meliputi
meliputi
Gerak Fototropisme
Gerak Hidrotropisme
Gerak Geotropisme
Gerak Tigmotropisme
Gerak Termotropisme dan Reotropisme
Gerak Tigmonasti (Seismonasti)
Gerak Niktinasti
Gerak Fotonasti
Gerak Nasti Kompleks
Gerak Kemotaksis
Gerak Fototaksis

Salah satu ciri makhluk hidup adalah bergerak. Gerak tersebut dapat berupa perpindahan tempat atau perubahan bentuk tubuh. Sebagai makhluk hidup, tumbuhan juga melakukan gerak. Gerakan makhluk hidup biasanya terjadi karena adanya rangsangan. Rangsangan tersebut dapat berasal dari dalam ataupun dari luar. Gerak akibat pengaruh rangsang dari dalam disebut gerak endonom. Misalnya gerakan protoplasma pada sel-sel daun tanaman lidah buaya. Adapun gerak karena pengaruh rangsang dari luar disebut gerak *etionom.* Rangsangan dari luar dapat berupa faktor fisik, kimia, dan mekanik. Misalnya adanya rangsangan suhu, cahaya, sentuhan, dan kadar gula. Gerak *etionom* dibedakan menjadi *tropisme*, *nasti,* dan *taksis*.

Selain itu, ada pula gerak tumbuhan yang terjadi karena pengaruh perubahan kadar air, atau karena berkerut dan berkembangnya sel-sel yang tidak merata pada waktu kehilangan atau mendapat air. Gerak yang demikian dinamakan gerak *higroskopis.* Contoh gerak higroskopis, antara lain gerak membukanya kotak spora tumbuhan paku oleh *anulus*, gerak membuka menutupnya kotak spora tumbuhan lumut oleh *peristom*, pecahnya buah tumbuhan tertentu (misal jarak, karet, lamtoro) untuk melemparkan bijinya keluar.

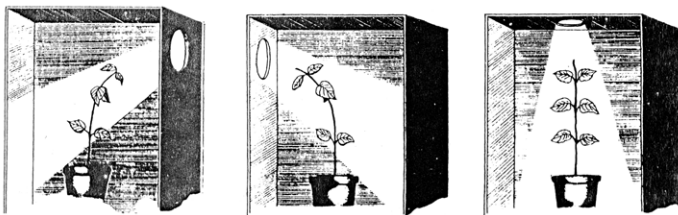
Pada bab ini pembahasan materi difokuskan pada gerak etionom yang meliputi gerak tropisme dan nasti.

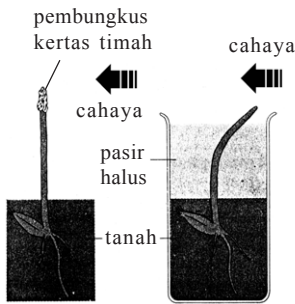
A. GERAK TROPISME

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat: *mendeskripsikan gerak tropisme.*

Gerak tropisme adalah gerak tumbuhan yang berupa pelengkungan organ tumbuhan menjauhi atau mendekati rangsangan. Tropisme positif adalah gerak yang arahnya mendekati rangsangan, sedangkan tropisme negatif adalah gerak yang arahnya menjauhi rangsangan. Gerak tropisme dapat dibedakan menjadi gerak fototropisme, hidrotropisme, geotropisme, tigmotropisme, dan reotropisme.

1. Gerak Fototropisme

Pernahkah kamu melihat tumbuhan bergerak karena terkena sinar matahari?

Sumber: *Biologi,* 1994

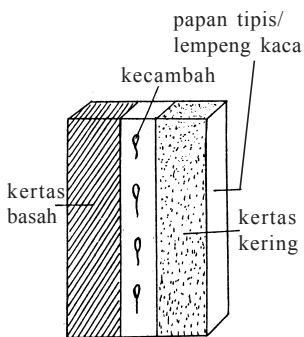
▲ Gambar 8.1 Tanaman kacang panjang tumbuh dalam pot disungkup dengan kotak yang berbeda-beda letak lubangnya

Sumber: *Biologi*, 1990

▲ Gambar 8.2
Memperlihatkan bahwa respons fototropisme bergantung pada cahaya yang mencapai ujung tanaman

Mekanisme terjadinya fototropisme disebabkan oleh kecepatan pemanjangan sel yang berbeda dari sisi yang berlawanan. Untuk memahami gerak fototropisme dapat dilakukan pengamatan terhadap pertumbuhan batang tanaman kacang panjang (*Vigna unguiculata*) yang berada dalam beberapa kotak berlubang di mana lubangnya berbeda-beda arah atau letaknya.

Arah gerak tumbuh batang tanaman kacang panjang dalam kotak yang lubangnya di atas akan menuju ke atas. Adapun kotak yang lubangnya di samping, arah gerak tumbuh batang kacang panjang akan menuju ke samping. Percobaan tersebut membuktikan bahwa arah gerak tumbuh bagian tubuh tanaman menuju ke arah datangnya cahaya. Karena rangsangnya berupa cahaya, maka disebut *gerak fototropisme.* Gerak tersebut sering pula dinamakan *gerak heliotropisme*, karena cahayanya berasal dari matahari. Gerak fototropisme ini merupakan hasil interaksi antara sinar matahari dan hormon.

Ada perbedaan arah gerak tumbuh ujung batang dengan ujung akar terhadap cahaya. Arah gerak tumbuh ujung batang menuju ke asal cahaya, sedangkan arah gerak tumbuh ujung akar menjauhi asal cahaya. Arah gerak yang menuju sumber rangsang disebut arah yang positif, sedangkan arah gerak yang menjauhi sumber rangsang disebut arah yang negatif. Dapat dikatakan bahwa gerak tumbuh ujung batang merupakan *gerak fototropisme positif,* sedangkan gerak tumbuh ujung akar merupakan *gerak fototropisme negatif.*

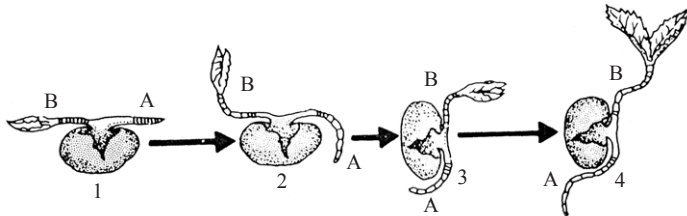
2. Gerak Hidrotropisme

Sumber: *Biologi*, 1991

▲ Gambar 8.3 Percobaan hidrotropisme

Selain cahaya, air merupakan salah satu faktor yang dapat menjadi rangsang gerak. Untuk memahami pengaruh rangsang air terhadap gerak tumbuhan, kamu dapat mengamati pertumbuhan akar yang berdekatan dengan tempat lembap. Misalnya mengamati pertumbuhan akar kecambah kacang hijau (*Phaseolus radiatus*) yang ditata pada sebuah papan yang dibungkus dengan kertas saring. Papan tersebut telah dipilah menjadi dua bagian, yaitu bagian lembap dan bagian kering. Daerah lembap merupakan bagian papan yang ditempeli kertas saring basah, sedangkan daerah kering merupakan bagian kering yang ditempeli kertas saring kering. Kecambah berakar lurus ditumbuhkan di daerah perbatasan keduanya.

Setelah dibiarkan selama dua sampai tiga hari, telah terlihat bahwa akar kecambah kacang hijau yang awalnya lurus membengkok ke daerah papan yang lembap. Gerak seperti itu disebut *gerak hidrotropisme.*

3. Gerak Geotropisme

Gravitasi bumi juga dapat menjadi rangsang gerak tropisme. Dengan demikian, dikenal adanya *gerak geotropisme*. Fakta menunjukkan bahwa gerak tumbuh ujung akar selalu menuju ke pusat bumi, oleh karenanya disebut *gerak geotropisme positif.* Sebaliknya gerak tumbuh organ tumbuhan lain yang menjauhi gravitasi bumi disebut *gerak geotropisme negatif.* Misalnya gerak tumbuh batang tumbuhan.

Sumber: *Biologi,* 1991

▲ Gambar 8.4 Proses gerak pertumbuhan biji. A. ujung akar menuju pusat bumi; B. ujung batang menjauhi pusat bumi.

Tugas Individu

(Rasa Ingin Tahu)

Tanamlah biji kacang tanah dalam sebuah pot, peliharalah sampai berbunga dan berbuah. Amatilah gerak mekarnya bunga dan pertumbuhan buah kacang tanah tersebut. Bagaimana arahnya?

Untuk lebih memahami perbedaan antara gerak geotropisme negatif dan gerak geotropisme positif, lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 8.2

Tujuan: Menjelaskan perbedaan antara gerak geotropisme positif dan geotropisme negatif.

Alat dan Bahan

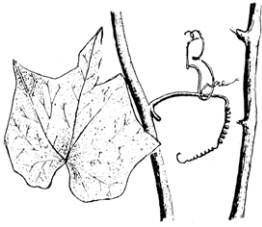
- Statif
- Penjepit statif
- Pelubang gabus
- Pisau
- Vaselin
- Tabung reaksi
- Air
- Ujung batang sirih Belanda

Cara Kerja

1. Potonglah ujung batang sirih Belanda dengan menggunakan pisau yang kamu sediakan. Hati-hatilah menggunakan pisau agar tanganmu tidak teriris.
2. Lubangilah sumbat gabus, sesuaikan besarnya lubang dengan batang sirih Belanda yang telah kamu potong.
3. Masukkan potongan batang sirih Belanda ke dalam tabung reaksi berisi air melalui lubang pada sumbat gabus yang telah kamu buat.
4. Oleskan vaselin pada celah yang ada antara lubang gabus dengan potongan batang agar air tidak menetes walaupun dalam posisi terbalik.
5. Pasanglah tabung reaksi yang telah dimasuki potongan batang sirih Belanda tersebut dengan posisi terbalik pada statif.
6. Amati arah pertumbuhan akar dan batang tanaman tersebut dan catatlah hasilnya pada sebuah kolom di buku kerjamu.

Pertanyaan

1. Ke mana arah tumbuh batang pada awal percobaan?
2. Ke mana arah tumbuh batang pada akhir percobaan?
3. Bagaimana arah tumbuh akar pada awal dan akhir percobaan?
4. Apa nama gerak yang terjadi pada akar dan batang tumbuhan tersebut?

4. Gerak Tigmotropisme

Sumber: *Biologi,* 1991

▲ Gambar 8.5 Sulur membelit pada batang pohon

Pada umumnya, *tigmotropisme* terjadi pada tumbuhan keluarga anggur (*Pasiflora*) dan tumbuhan keluarga jipang-jipangan (*Cucurbitaceae*). Arah gerak tumbuh sulur tanaman ini sangat menarik perhatian. Sulur telah membuat beberapa lingkaran kemudian memutar ke arah yang berlawanan. Hal itu berulang sampai beberapa kali. Mula-mula terjadi pembelitan ujung sulur ke kiri. Setelah membelit beberapa lingkaran ke kiri, ujung sulur ini lurus sebentar, membelit ke kanan beberapa lingkaran, lalu lurus kembali, membelit ke kiri, dan seterusnya.

Peristiwa penggulungan ini biasanya terjadi setelah ujung sulur tersentuh sesuatu. Rangsangan sentuhan ditanggapi dengan bergulungnya ujung sulur pada benda yang disentuhnya. Jika pengaruh sentuhan tidak terasa lagi, ujung sulur akan tumbuh lurus. Karena gerak tumbuh membelit bagian tanaman (dalam hal ini sulur) tersebut disebabkan oleh persentuhan atau persinggungan, maka gerak ini disebut *gerak tigmotropisme* atau *gerak haptotropisme.* Keduanya berasal dari kata *tigmo* yang berarti singgungan dan *hapto* yang berarti sentuhan.

Latihan

1. Apakah yang dimaksud gerak tropisme?
2. Benarkah pertumbuhan ujung batang tanaman dipengaruhi oleh cahaya dan hormon? Jelaskan!
3. Adakah bagian tumbuhan yang dapat melakukan gerak geotropisme negatif dan positif? Jelaskan!
4. Apakah yang dimaksud haptotropisme? Berilah contohnya.

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat: *mendeskripsikan gerak nasti.*

B. GERAK NASTI

Cobalah kamu sentuh daun putri malu. Ketika disentuh daun putri malu akan menguncup. Hal itu menunjukkan bahwa tumbuhan tersebut menerima dan menanggapi rangsang.

Gerak nasti adalah gerak bagian tumbuhan karena pengaruh rangsangan dari luar, tetapi gerakan ini tidak mempunyai arah, atau arah gerakan tidak ditentukan oleh posisi rangsangan. Gerakan nasti disebabkan oleh perubahan turgor pada jaringan di persendian daun. Tekanan turgor adalah tekanan air pada dinding sel. Tekanan turgor disebabkan oleh masuknya air ke dalam sel, sehingga menimbulkan tekanan pada dinding sel. Menurut penyebabnya, gerak nasti dibagi menjadi gerak tigmonasti, gerak epinasti, gerak fotonasti, dan gerak nasti kompleks.

Sumber: *Biologi,* 1991

▲ Gambar 8.6 Mengatupnya daun putri malu setelah disentuh

1. Gerak Tigmonasti (Seismonasti)

Gerak tigmonasti dapat diamati pada tumbuhan tertentu, misalnya si kejut (*Mimosa pudica*) yang mempunyai daun majemuk menyirip ganda. Jika anak daun paling ujung disentuh, rangsangan akan merambat ke arah dasar daun dan daun akan menutup. Daerah sentuhan yang paling peka adalah daerah daun atau sendi daun. Gerak nasti yang disebabkan rangsangan sentuhan disebut *gerak tigmonasti* (*seismonasti*). Penggulungan permukaan daun tumbuhan si kejut akibat sentuhan angin yang kuat, diduga merupakan usaha tumbuhan si kejut untuk melindungi simpanan airnya, atau untuk mengejutkan hewan herbivora yang akan memakannya.

Sumber: *Biologi,* 1996

▲ Gambar 8.7 Mekanisme menutupnya daun si kejut akibat sentuhan

2. Gerak Niktinasti

Perhatikan gerak merunduknya daun-daun anggota famili *Leguminosae* pada sore hari dan tegak lagi pada pagi hari. Gerak ini disebabkan oleh perubahan sehari-hari tekanan turgor pada sel penggerak (*pulvinus*) tumbuhan itu. Jika daun sedang berada pada posisi normal atau tegak, sel-sel di salah satu sisi pulvinus dalam keadan turgor, sedangkan sel-sel di sisi yang berlawanan melemah. Peristiwa ini terjadi pada siang hari. Pada malam hari, saat daun dalam posisi tidur, sisi yang sejajar mengubah volume sel penggerak dengan memindahkan ion kalium secara besar-besaran dari satu sisi pulvinus ke sisi yang lainnya. Diduga, kalium merupakan agen osmosis yang mengatur pemasukan dan pengeluaran air oleh sel pulvinus sehingga daun melemah. Gerak tidur pada tumbuhan karena pengaruh gelap seperti di atas disebut *gerak niktinasti*.

Sumber: *Biologi 3,* 1990

▲ Gambar 8.8 Kegelapan, menyebabkan anak daun melipat sesamanya sepanjang tulang tengah (kanan)

3. Gerak Fotonasti

Pernahkah kamu mengamati mekarnya bunga pukul empat dan bunga-bunga lainnya? Mekarnya bunga atau pembungaan yang terjadi pada tumbuhan bukan disebabkan oleh cahaya yang mengenai bunga secara langsung, melainkan oleh cahaya yang mengenai daun. Daun mengandung pigmen yang peka terhadap cahaya yang disebut *fitokrom*. Tumbuhan yang pembungaannya dipengaruhi oleh cahaya disebut tumbuhan *fotoperiodik*. Gerak bagian tumbuhan yang terjadi karena pengaruh rangsangan cahaya disebut *gerak fotonasti.*

Radar Sains

Tumbuhan berhari pendek akan berbunga pada akhir musim panas atau pada musim gugur, contohnya stroberi, dahlia, aster, dan krisan. Tumbuhan berhari panjang berbunga pada musim semi, contohnya gandum, kentang, bayam, dan selada.

4. Gerak Nasti Kompleks

Contoh nasti kompleks adalah gerak membuka dan menutupnya stomata. Mekanisme gerak ini dipengaruhi oleh cahaya, unsur kimia (terutama kalium), suhu, dan air. Jadi, gerak nasti kompleks merupakan gabungan dari gerak fotonasti, gerak niktinasti, dan gerak tigmonasti.

Untuk lebih memahami gerak nasti, lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 8.1

Tujuan: Menjelaskan gerak nasti pada tanaman putri malu karena rangsang sentuhan dan suhu.

Alat dan Bahan

- Korek api
- Lidi
- Tanaman si kejut (*Mimosa pudica*) dalam pot

Cara Kerja

1. Siapkan tanaman si kejut dalam pot, kemudian lakukan sentuhan dengan lidi berturut-turut pada pangkal tangkai daun, tangkai anak daun, dan anak daun.
2. Dekatkan lidi yang membara berturut-turut pada pangkal tangkai anak daun, tangkai anak daun, dan anak daun.
3. Amati perubahan yang terjadi pada daun si kejut dalam waktu 10 menit.
4. Catatlah pengamatanmu pada sebuah tabel di buku kerjamu.

Pertanyaan

1. Apakah yang terjadi, jika daun si kejut diberikan rangsang sentuhan maupun panas?
2. Tumbuhan tidak mempunyai saraf, berdasarkan jawaban pada nomor 1, apa yang dapat kamu katakan?
3. Gerak pada daun si kejut dinamakan gerak nasti, apakah maksudnya?

Radar Sains

Gerak taksis

Gerak nasti dan tropisme bukanlah merupakan gerak tumbuhan dengan cara berpindah tempat. Ada golongan tumbuhan tertentu, umumnya golongan tumbuhan tingkat rendah, yang dapat melakukan gerak pindah tempat. Gerak pindah tempat tumbuhan demikian disebut taksis.

Berdasarkan jenis rangsangannya, gerak taksis dibedakan menjadi dua, yaitu fototaksis dan kemotaksis. Gerak fototaksis disebabkan adanya rangsangan cahaya. Ada yang geraknya mendekati cahaya tetapi ada pula yang menjauhi cahaya. Adapun gerak kemotaksis disebabkan adanya rangsangan bahan kimia.

Latihan

1. Apakah yang dimaksud gerak nasti?
2. Jelaskan mekanisme terjadinya seismonasti pada *Mimosa pudica*.
3. Disebut apakah gerak mengatupnya daun petai cina pada petang hari? Jelaskan!
4. Mengapa gerak membuka dan menutupnya stomata disebut sebagai gerak nasti kompleks?

C. HAMA DAN PENYAKIT PADA TUBUH TUMBUHAN

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *menjelaskan perbedaan hama dan penyakit;*
- *mendata contoh hama dan penyakit pada organ tumbuhan yang dijumpai dalam kehidupan hari-hari.*

Pernahkah kamu melihat hama dan penyakit pada tumbuhan? Hama dan penyakit tumbuhan biasanya menyerang organ-organ seperti akar, batang, daun, maupun yang lainnya. Hama dan penyakit pada tumbuhan sebagai berikut.

1. Hama

Hama adalah hewan yang merusak tanaman atau hasil tanaman karena aktivitas hidupnya, terutama aktivitas untuk memperoleh makanan. Hama tanaman memiliki kemampuan merusak yang sangat hebat. Akibatnya, tanaman dapat rusak bahkan tidak dapat menghasilkan sama sekali.

Sumber: *ENI*, 1997

▲ Gambar 8.9 Beberapa jenis hama tanaman.

Hama pada tanaman terdiri atas hewan mamalia, serangga, dan burung. Hama tanaman berupa hewan mamalia, misalnya tikus, babi hutan, dan kera. Hama tanaman berupa serangga, misalnya wereng, kutu daun, belalang, walang sangit, dan berbagai kumbang. Hama tanaman berupa burung, misalnya burung gelatik dan burung pipit. Di antara hama-hama tersebut yang paling besar menimbulkan kerugian pada tanaman pertanian adalah kelompok serangga.

Untuk memberantas hama serangga, kita perlu mengetahui siklus hidupnya. Dengan mengetahui siklus hidupnya maka dapat ditentukan pada stadium apa serangga tersebut menyerang tanaman. Dengan demikian, kita dapat melakukan pemberantasan yang tepat mengenai sasarannya.

2. Penyakit Tanaman

Penyakit tanaman adalah gangguan pada tanaman yang disebabkan oleh mikroorganisme, misalnya virus, bakteri, protozoa, jamur, dan cacing nematoda. Penyebaran penyakit pada tanaman dapat terjadi melalui angin, air, atau serangga. Serangga dapat menularkan virus, bakteri, dan protozoa dari satu tanaman ke tanaman lain. Selain itu, faktor lingkungan, misalnya kelembapan dan suhu juga memengaruhi penyakit pada tanaman.

(Rasa Ingin Tahu)

Amatilah tanaman yang ada di sekitarmu. Datalah hama dan penyakit pada tanaman yang kamu jumpai.

Organ-organ apa saja yang diserang hama dan penyakit tersebut?

Tanaman yang diserang penyakit akan terhambat pertumbuhannya, dan akhirnya mati. Beberapa contoh penyakit pada tanaman sebagai berikut.

a. CVPD (*Citrus Vein Phloem Degeneration),* merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus yang merusak pembuluh tapis (floem) tanaman jeruk. Jenis penyakit lainnya, yaitu jamur *Armelaria* yang menyerang akar tanaman jeruk.
b. Penyakit mosaik tembakau disebabkan oleh virus TMV (*Tobacco Mosaic Virus).* Virus TMV menyebabkan daun tembakau berkerut dan muncul bercak-bercak kuning.
c. Penyakit rebah kecambah; disebabkan oleh jamur *Pythium debaryanum.* Serangan jamur ini menyebabkan pembusukan kecambah atau bibit tanaman dan busuk akar pada banyak tanaman budidaya.
d. *Phytophthora infestans* adalah jamur yang menyebabkan penyakit pada tanaman kentang.
e. *Pyricularia oryzae* merupakan jamur yang menyebabkan penyakit pada tanaman padi.

Latihan

1. Apakah yang dimaksud hama tanaman?
2. Apakah yang dimaksud penyakit tanaman?
3. Apa akibatnya, jika tanaman diserang hama atau penyakit?

Rangkuman

1. Sebagaimana hewan, tumbuhan dapat melakukan gerak. Adanya gerak pada tumbuhan menunjukkan bahwa tumbuhan mempunyai kemampuan untuk menerima dan menanggapi rangsang (*iritabilitas*).
2. Berdasarkan faktor yang memengaruhinya, gerak pada tumbuhan dibedakan menjadi gerak endonom, gerak higroskopis, dan gerak etionom.
3. Gerak endonom merupakan gerak yang disebabkan oleh rangsang dari dalam, contohnya gerak protoplasma pada sel-sel daun tanaman lidah buaya.
4. Gerak higroskopis adalah gerak yang ditimbulkan oleh pengaruh perubahan kadar air pada sel-sel, contohnya gerak pecahnya buah polongan.
5. Gerak etionom adalah gerak karena pengaruh rangsang dari luar. Gerak etionom dibedakan menjadi gerak tropisme, gerak nasti, dan gerak taksis.
6. Gerak tropisme adalah gerak tumbuh menuju ke arah rangsangan atau menjauhi rangsangan. Ada tiga sumber rangsangan yang menyebabkan gerak tropisme, yaitu cahaya (fototropisme), gravitasi (gravitropisme/geotropisme), dan sentuhan (tigmotropisme).
7. Gerak nasti adalah gerak bagian tumbuhan karena pengaruh rangsangan dari luar, tetapi gerakan ini tidak mempunyai arah, atau arah gerakan tidak ditentukan oleh posisi rangsangan. Menurut penyebabnya, gerak nasti dibagi menjadi gerak tigmonasti, gerak niktinasti, gerak fotonasti, dan gerak nasti kompleks.
8. Organ-organ pada tumbuhan dapat terganggu oleh hama dan penyakit. Hama adalah hewan yang merusak tanaman atau hasil tanaman karena aktivitas hidupnya, terutama aktivitas untuk memperoleh makanan. Penyakit tanaman adalah gangguan pada tanaman yang disebabkan oleh mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut, misalnya virus, bakteri, protozoa, jamur, dan cacing nematoda.

Tugas Proyek

(Kecakapan Personal)

Coba lakukan wawancara dengan nara sumber (misalnya petani) tentang hama penyakit tanaman. Buatlah laporanmu dalam bentuk sebuah artikel.

Refleksi

Setelah mempelajari tentang Gerak dan Hama Penyakit pada Tumbuhan, tentu kamu sudah memahami dan memiliki kemampuan untuk menjelaskan tentang gerak tropisme, gerak nasti, dan hama penyakit tumbuhan. Apabila kamu belum sepenuhnya memahami, cobalah pelajari kembali materi di atas secara cermat dan carilah referensi-referensi yang lain untuk lebih memantapkan pemahaman kamu. Diskusikan dengan teman-temanmu dan mintalah bimbingan guru.

Glosarium

osmosis : mengalirnya pelarut yang murni melewati membran semipermeabel di bawah pengaruh tekanan osmotik.

stomata : lubang kecil dengan dua sel kawat terdapat pada lapisan luar tumbuhan, terutama epidermis daun, berfungsi sebagai jalur pertukaran gas.

Uji Kompetensi

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

1. Berikut ini faktor-faktor yang dapat menjadi penyebab timbulnya gerak pada tumbuhan, *kecuali* ….
   a. perubahan suhu lingkungan
   b. perubahan tekanan udara
   c. perubahan tekanan turgor
   d. perubahan arah cahaya

2. Akar tumbuhan di dalam tanah akan bergerak menuju pusat bumi. Gerakan akar ini disebut gerak ….
   a. kemotropisme
   b. hidrotropisme
   c. geotropisme positif
   d. geotropisme negatif

3. Gerak tumbuhan yang disebabkan berkembang dan berkerutnya sel-sel yang tidak merata pada waktu mendapat atau kehilangan air disebut gerak ....
   a. endonom
   b. autonom
   c. higroskopis
   d. etionom

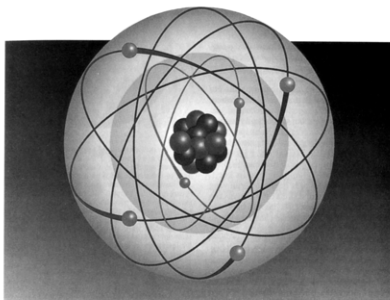
4.
   Percobaan pada gambar di samping menunjukkan bahwa tumbuhan melakukan gerak ….
   a. nasti
   b. taksis
   c. gravitasi
   d. tropisme

5. Faktor dari dalam yang berpengaruh pada gerak tropisme adalah ….
   a. perubahan tekanan turgor
   b. hormon tumbuh
   c. rangsang cahaya
   d. gravitasi bumi
6. Penggolongan gerak tropisme menjadi gerak tropisme positif dan negatif didasarkan pada ….
   a. frekuensi gerakan
   b. arah gerakan
   c. kecepatan gerakan
   d. jenis rangsang
7. Peristiwa berikut termasuk gerak tropisme pada tumbuhan, *kecuali* ....
   a. pembelokan ujung akar ke arah sumber air
   b. pembelokan ujung batang ke arah datangnya cahaya
   c. pertumbuhan ujung akar ke pusat bumi
   d. pembelokan ujung akar karena menghindari batu
8. Gerak pada tumbuhan berikut termasuk gerak nasti, *kecuali* ….
   a. membelitnya sulur tanaman jipang pada bambu penopang
   b. mengatupnya anak daun si kejut saat disentuh dengan lidi
   c. mekarnya bunga pukul empat pada sore hari
   d. mengatupnya daun petai cina pada malam hari
9. Jika tumbuhan dalam pot dengan posisi horizontal diletakkan pada alat yang berputar ….
   a. batangnya akan tumbuh membelok ke atas
   b. batangnya akan tumbuh horizontal
   c. batangnya tumbuh menjauhi sinar matahari
   d. tumbuhan tidak akan tumbuh
10. Tanaman dalam pot di dalam rumah yang diletakkan dekat jendela, akan tumbuh bergerak menuju ke arah jendela. Gerak tumbuhan semacam ini disebut gerak ….
    a. kemotropisme
    b. hidrotropisme
    c. geotropisme
    d. fototropisme
11. Mekanisme gerak seismonasti pada *Mimosa pudica* terjadi karena ….
    a. sentuhan
    b. perbedaan struktur sel pulvinus
    c. perbedaan tekanan turgor
    d. pertumbuhan
12. Contoh gerak nasti adalah ….
    a. menutupnya daun putri malu, jika disentuh
    b. akar tumbuh menuju ke bawah
    c. batang tumbuh menuju ke atas
    d. pucuk kacang panjang membelit
13. Arah gerak nasti pada tumbuhan ....
    a. sangat ditentukan oleh jenis rangsangan
    b. ditentukan oleh arah datangnya rangsang
    c. kadang-kadang ditentukan oleh arah datangnya rangsang
    d. tidak ditentukan oleh jenis rangsang
14. Gerak membelit pada sulur tanaman pemanjat, misalnya labu siam, termasuk gerak ….
    a. endonom
    b. tigmotropisme
    c. seismonasti
    d. epinasti
15. Organ tanaman tembakau yang biasanya diserang oleh virus TMV adalah ....
    a. akar c. daun
    b. batang d. bunga

B. Jawablah soal-soal berikut dengan singkat dan tepat.

1. Bagaimana tumbuhan dapat menanggapi rangsang, padahal tidak mempunyai sistem saraf?
2. Berilah tiga contoh gerak pada tumbuhan yang tidak diketahui penyebabnya.
3. Mengapa gerak membuka dan menutupnya kotak spora tumbuhan lumut oleh peristom disebut gerak higroskopis? Berikan contoh gerak higroskopis lainnya.
4. Apa perbedaan pokok antara gerak tropisme dan gerak nasti?
5. Sebutkan empat contoh hama dan penyakit yang menyerang pada organ tumbuhan.

Bab 9

PARTIKEL MATERI

Sumber: *IPP*, 2002

Materi yang ada di sekitarmu terdiri atas bagian-bagian yang sangat kecil. Dahulu ada yang beranggapan bahwa bagian terkecil yang sudah tidak dapat dibagi lagi dinamakan atom. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, para ilmuwan dapat membuktikan bahwa di dalam atom ternyata ada partikel lain. Gambaran di samping menunjukkan sebuah atom yang ternyata di dalamnya masih ada partikel lain.

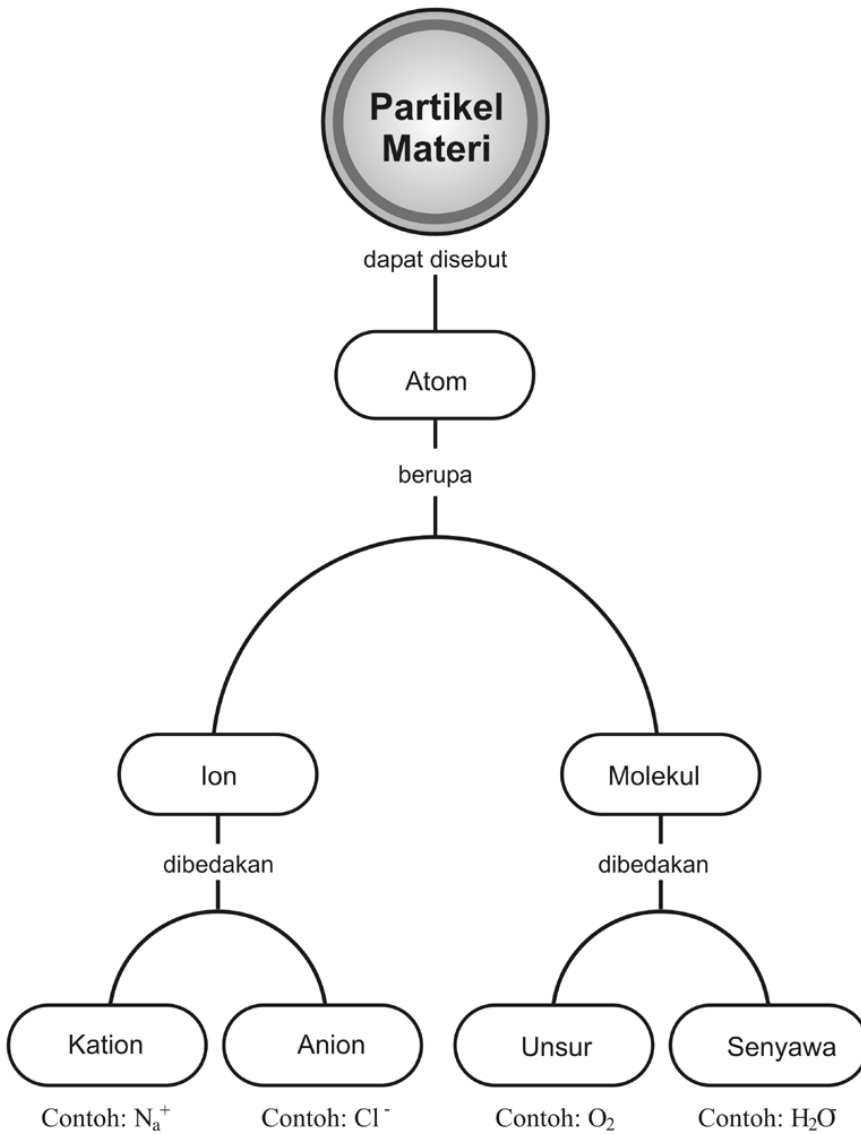
Fenomena tentang materi itu akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu juga akan mempelajari tentang molekul unsur dan molekul senyawa.

❖ Pretest ❖

1. Apakah setiap materi tersusun dari atom? Jelaskan.
2. Apakah yang dimaksud ion positif dan ion negatif?
3. Bagaimana rumus molekul air?

❖ Kata-Kata Kunci ❖

- elektron
- ion
- model atom
- neutron
- nomor atom
- nomor massa
- proton

Partikel Materi
dapat disebut
Atom
berupa
Ion
Molekul
dibedakan
dibedakan
Kation
Anion
Unsur
Senyawa
Contoh: N_a^+
Contoh: Cl^-
Contoh: O_2
Contoh: H_2O

Pada saat belajar IPA di kelas VII, kamu sudah mengetahui tentang perbedaan zat dengan materi. Kamu juga sudah mengetahui bahwa materi yang berada di alam ini dapat berupa unsur, senyawa, dan campuran. Pada bab ini akan membahas partikel-partikel materi yang meliputi atom, ion, dan molekul.

A. ATOM

Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:
mendefinisikan pengertian atom.

Pada abad ke-4 sebelum Masehi, seorang ahli filsafat yang berasal dari Yunani bernama Democritus menyatakan bahwa materi bersifat diskontinu. Diskontinu artinya jika materi dipecah (dibagi) secara terus-menerus maka pada suatu saat materi tidak dapat dibagi lagi. Bagian terkecil dari suatu materi yang tidak dapat dibagi lagi disebut atom. Atom berasal dari bahasa Yunani yang berarti tidak dapat dibagi (*a* = tidak, *tomos* = dibagi/terbagi). Pendapat Democritus ini didukung oleh Leucipus. Pendapat Democritus tersebut berbeda dengan pendapat Aristoteles yang menyatakan bahwa materi bersifat kontinu, artinya materi dapat dipecah atau dibagi terus-menerus tanpa batas.

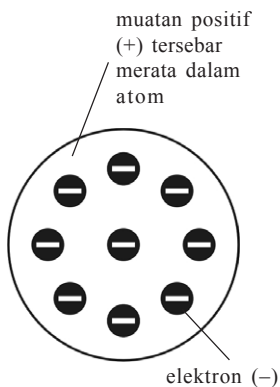
Pada perkembangan selanjutnya para ilmuwan berusaha membuat suatu model tentang atom. Dengan adanya model itu diharapkan atom lebih mudah dipelajari. Untuk mengetahui perkembangan model ikutilah uraian berikut.

1. Model Atom Dalton

Pada tahun 1803, John Dalton (1766–1844) menyusun teori atom yang dikenal dengan *Teori Atom Dalton*. Dalam teori atomnya, Dalton menyatakan sebagai berikut.

a. Setiap materi terdiri atas partikel-partikel terkecil yang tidak dapat dibagi, yang disebut atom.
b. Atom-atom yang sama (satu unsur) mempunyai sifat yang sama dalam segala hal, tetapi berbeda dengan atom unsur lain.
c. Atom-atom dapat bergabung satu sama lain secara kimia membentuk molekul dengan perbandingan sederhana.

Dalam perkembangan selanjutnya teori atom Dalton mempunyai kelemahan. Kelemahan teori atom Dalton, antara lain sebagai berikut.

a. Tidak menjelaskan perbedaan antara atom unsur yang satu dengan atom unsur lainnya.
b. Atom ternyata bukan merupakan partikel terkecil. Sebab atom tersebut tersusun atas partikel elektron, proton, dan neutron.

▲ Gambar 9.1 Model atom Thomson

2. Model Atom Thomson

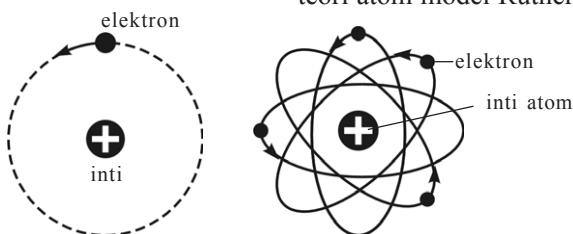
Pada tahun 1898 J.J. Thomson membuat suatu model atom. Model atom Thomson menyatakan bahwa:

Atom berbentuk bulat di mana muatan listrik positif tersebar merata dalam atom dan dinetralkan oleh elektron-elektron yang berada di antara muatan positif. Elektron-elektron yang terdapat dalam atom dimisalkan seperti butiran kismis dalam roti, atau seperti kue onde-onde.

3. Model Atom Rutherford

Pada tahun 1911 Rutherford (1887–1931) melakukan suatu eksperimen yang menunjukkan kelemahan teori atom model Thomson. Sebagai gantinya Rutherford membuat model atom baru. Model atom Rutherford adalah sebagai berikut.

Atom tersusun dari inti atom yang bermuatan positif dan berada pada pusat atom serta dikelilingi oleh elektron yang bermuatan negatif. Teori atom model Rutherford mirip dengan sistem tata surya yang berpusat pada matahari.

Model atom Rutherford tidak mampu menjelaskan mengapa elektron tidak jatuh ke inti atom akibat gaya tarik inti terhadap elektron. Padahal seharusnya, elektron yang bergerak mengelilingi inti suatu saat akan jatuh ke inti. Hal itulah yang menjadi kelemahan teori atom model Rutherford.

▲ Gambar 9.2 Model atom Rutherford

▲ Gambar 9.3 Gerakan elektron karena pengaruh inti atom yang menunjukkan kelemahan teori atom Rutherford.

4. Model Atom Bohr

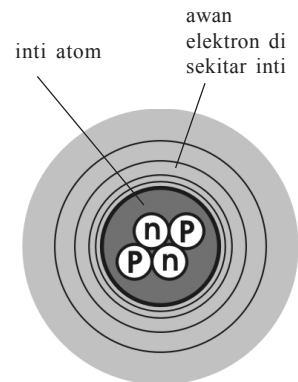
Pada tahun 1913, Niels Bohr (1885–1962) dari Denmark menyempurnakan model atom Rutherford. Bohr menyatakan bahwa:

a. Dalam atom, elektron beredar mengelilingi inti atom pada orbit tertentu yang dikenal sebagai keadaan stasioner.
b. Selama elektron berada dalam lintasan stasioner energi akan tetap (konstan).
c. Elektron hanya dapat berpindah dari lintasan yang lebih rendah tingkat energinya ke lintasan yang lebih tinggi tingkat energinya dengan menyerap energi. Sebaliknya, jika elektron berpindah dari lintasan yang lebih tinggi tingkat energinya ke lintasan yang lebih rendah tingkat energinya akan melepaskan (membebaskan) energi.

Model atom Bohr ternyata hanya cocok untuk atom yang hanya mempunyai 1 elektron (hidrogen). Karena itulah dalam perkembangannya teori atom Bohr juga tidak dipertahankan.

5. Model Atom Modern Schrodinger - Heisenbreg

Hasil penelitian para ilmuwan lebih lanjut membuktikan bahwa model atom Bohr juga mempunyai kelemahan. Salah satu kelemahannya adalah model itu tidak dapat menjelaskan bagaimana suatu atom dapat berinteraksi dengan atom yang lain.

Model atom yang dianggap paling mutakhir saat ini berdasarkan mekanika kuantum yang dikembangkan oleh Erwin Schrodinger dan Warner Heisenbreg (1925-1926). Menurut model ini, elektron hanya dapat ditentukan kemungkinan letaknya. Kebolehjadian letak elektron berada dalam suatu ruang yang disebut awan elektron. Perhatikan Gambar 9.4.

▲ Gambar 9.4 Model atom Schrodinger-Heisenberg.

Nomor atom dan nomor massa

Pada saat mempelajari klasifikasi zat (kelas VII) kamu sudah mengetahui bahwa atom-atom disimbolkan dengan huruf tertentu. Untuk mempelajari atom, kamu juga harus mengenal istilah nomor atom dan nomor massa. Untuk lebih jelasnya ikutilah uraian berikut.

Nomor atom suatu unsur sama dengan jumlah proton dalam inti atom. Nomor atom menentukan sifat khas atom suatu unsur. Nomor massa suatu atom merupakan gabungan dari jumlah proton (p) dan jumlah neutron (n) dalam inti atom. Lambang atom, nomor atom, dan nomor massa dapat dituliskan sebagai berikut.

$${}_{Z}^{A}X \quad \text{atau} \quad {}_{Z}X^{A}$$

Dengan:

X = lambang unsur

A = nomor massa

Z = nomor atom

Misalnya unsur klor dan aluminium dituliskan dengan lambang ${}_{17}^{37}\text{Cl}$ dan ${}_{13}^{27}\text{Al}$. Jumlah proton (p), elektron (e), dan netronnya (n) dapat dicari seperti berikut.

– ${}_{17}^{37}\text{Cl}$

p = Z = 17

e = Z = 17

n = A – Z = 37 – 17 = 20

– ${}_{13}^{27}\text{Al}$

p = Z = 13

e = Z = 13

n = A – Z = 27 – 13 = 14

Radar Sains

Satuan Massa Atom

Berapakan massa sebuah atom? Jika massa sebuah atom dinyatakan dalam satuan gram akan menghasilkan bilangan yang sangat kecil. Untuk itu para ilmuwan menggunakan satuan massa atom dengan sma atau amu (atomic mass unit). Besarnya 1 sma = 1,6 × 10^{-24} gram. Karena itu aluminium yang mempunyai nomor massa 27, sebuah atomnya mempunyai massa 27 sma atau 4,5 × 10^{-23} gram. Dengan demikian nomor massa suatu atom berbeda dengan massa atom tersebut.

1. Jelaskan model atom Dalton.
2. Jelaskan kelemahan model atom Bohr.
3. Tentukan jumlah proton (p), elektron (e), dan neutron (n) dalam atom-atom berikut

a. $^{56}_{26}Fe$
b. $^{40}_{20}Ca$
c. $^{23}_{11}Na$
d. $^{127}_{53}I$
e. $^{84}_{36}Kr$

Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:
- *mendefinisikan pengertian ion;*
- *memberikan contoh materi tertentu yang terdiri atas ion-ion.*

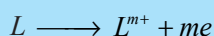
B. ION

Pada saat mempelajari model suatu atom kamu sudah mengenal istilah elektron. Elektron merupakan partikel atom yang bermuatan listrik negatif dan berputar mengelilingi inti atom. Peranan elektron sangat penting pada saat kamu mempelajari ion. Untuk lebih jelasnya ikutilah uraian berikut.

Ion adalah partikel yang bermuatan listrik. Ion dapat dibagi menjadi dua, yaitu ion positif dan ion negatif.

1. Ion Positif

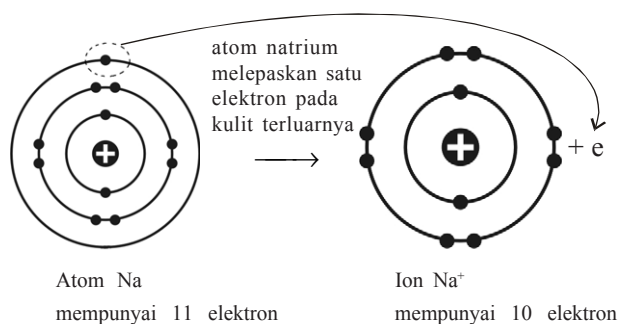
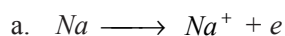
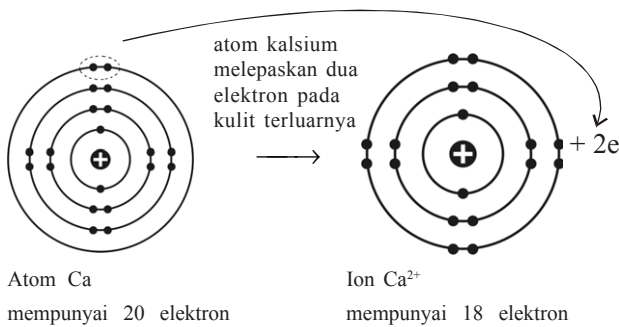
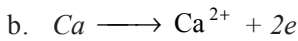
Ion positif adalah partikel yang bermuatan listrik positif. Ion positif terbentuk apabila atom netral melepaskan elektron yang terdapat pada kulit terluarnya. Elektron terluar yang dimiliki oleh suatu atom disebut *elektron valensi*. Secara umum pembentukan ion positif dapat dituliskan sebagai berikut.

$$L \longrightarrow L^{m+} + me$$

Jumlah muatan ion yang terbentuk sama dengan jumlah elektron yang dilepaskannya. Ion positif juga disebut *kation*.

Penggambaran pembentukan ion positif adalah sebagai berikut.

a. $Na \longrightarrow Na^{+} + e$

▲ Gambar 9.5

b.
$Ca \longrightarrow Ca^{2+} + 2e$

▲ Gambar 9.6

2. Ion Negatif

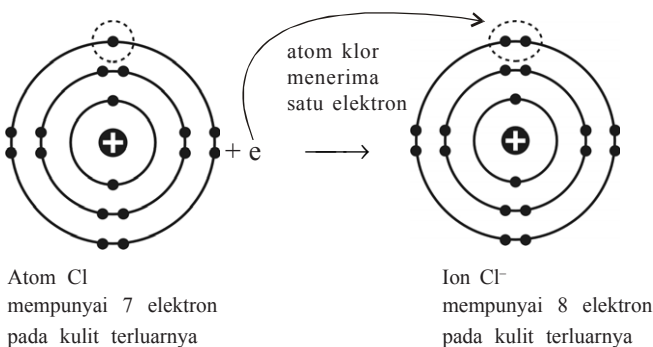
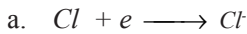
Ion negatif adalah partikel yang bermuatan listrik negatif. Ion negatif terbentuk apabila atom netral menerima atau menangkap elektron untuk mencapai kestabilan. Atom dikatakan stabil apabila mempunyai 8 elektron pada kulit terluarnya atau mempunyai konfigurasi elektron, seperti gas mulia. Ion negatif juga disebut *anion*.

Secara umum pembentukan ion negatif dapat dituliskan sebagai berikut.

$$X + ne \longrightarrow X^{n-}$$

Jumlah muatan ion yang terbentuk sama dengan jumlah elektron yang diterimanya.

Penggambaran ion negatif adalah sebagai berikut.

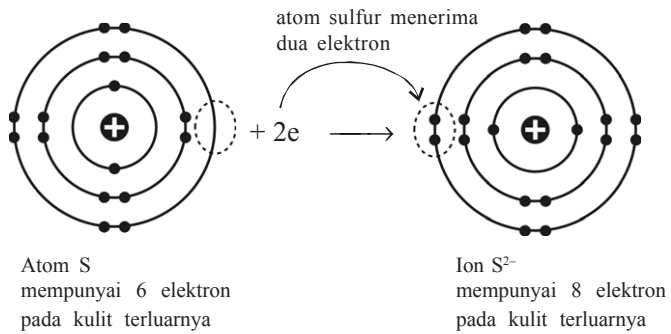
a. $Cl + e \longrightarrow Cl^-$

▲ Gambar 9.7

Radar Sains

Ion tersusun dari satu atom tetapi ada lebih dari satu atom. Ion yang tersusun dari satu atom disebut ion monoatom. Adapun ion-ion yang tersusun lebih dari satu atom disebut ion poliatom. Contoh ion poliatom antara lain NH_3^+ (amonium), NO_3^- (nitrik), dan CO_3^{2-} dan CO_3^{2-} (karbohidrat).

b. $S + 2e \longrightarrow S^{2-}$

Atom S
mempunyai 6 elektron
pada kulit terluarnya

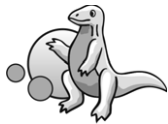
Ion S^{2-}
mempunyai 8 elektron
pada kulit terluarnya

▲ Gambar 9.8

Latihan

1. Bagaimana proses terbentuknya ion negatif?
2. Apa perbedaan ion negatif dengan ion positif?

Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:

- *mendefinisikan pengertian molekul;*
- *menjelaskan dengan gambar perbedaan antara molekul unsur dengan molekul senyawa;*
- *mendeskripsikan komponen penyusun salah satu produk kimia.*

C. MOLEKUL

Di kelas VII, kamu sudah mengetahui bahwa bagian terkecil dari suatu zat atau materi disebut molekul. Selain molekul, kamu juga sudah mempelajari pengertian unsur dan senyawa. Masih ingatkah kamu pengertian unsur dan senyawa?

Dalam kehidupan sehari-hari, senyawa ada yang tersusun dari molekul-molekul dan ada juga yang tersusun dari ion-ion. Senyawa yang tersusun dari ion-ion disebut senyawa ion. Senyawa ion terdiri atas ion positif atau kation dan ion negatif atau anion. Contohnya NaCl dan KOH. Natrium klorida (NaCl), terdiri atas ion Na^+ dan ion Cl. Adapun, kalium hidroksida (KOH), terdiri atas ion K^+ dan ion OH^-.

▲ Gambar 9.9
NaCl (natrium klorida)

Berdasarkan pada jenis atom pembentuknya, molekul dibagi menjadi dua, yaitu molekul unsur dan molekul senyawa.

1. Molekul Unsur

Molekul unsur adalah molekul yang tersusun dari atom-atom yang sejenis (sama). Molekul unsur dikelompokkan menjadi dua, yaitu molekul diatomik dan molekul poliatomik.

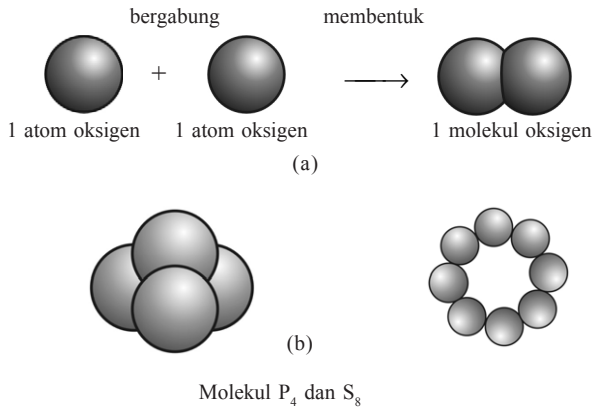
a. *Molekul diatomik*

Molekul diatomik adalah molekul unsur yang tersusun dari dua atom yang sama. Contohnya: H_2, N_2, O_2, F_2, Cl_2, Br_2, dan I_2. Terbentuknya molekul diatomik ditunjukkan oleh Gambar 9.10 (a)

> **Radar Sains**
> *Atom-atom yang berikatan membentuk molekul pada dasarnya ingin mencapai keadaan yang stabil.*

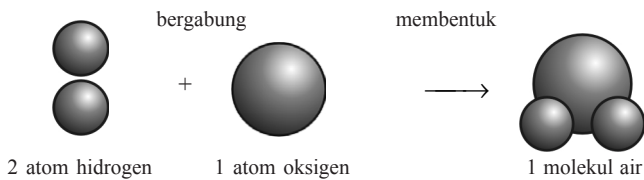
b. *Molekul poliatomik*

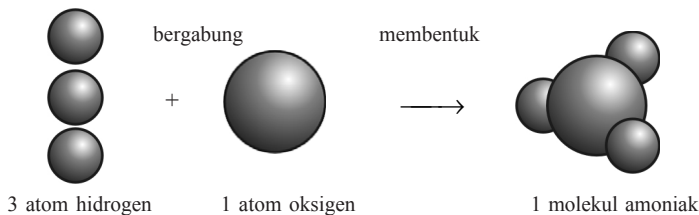
Molekul poliatomik adalah molekul unsur yang tersusun lebih dari dua atom yang sama. Contohnya molekul P_4 dan S_8 (Gambar 9.10 (b))

Molekul P_4 dan S_8

▲ Gambar 9.10 Molekul diatomik dan poliatomik

2. Molekul Senyawa

Molekul senyawa adalah molekul yang tersusun dari atom-atom tak sejenis. Contoh molekul senyawa ditunjukkan Gambar 9.11 dan Gambar 9.12.

a. Molekul air: H_2O.

▲ Gambar 9.11 Molekul senyawa air

b. Molekul amoniak: NH_3.

▲ Gambar 9.12 Molekul senyawa amonia

Latihan

1. Apa yang dimaksud molekul? Jelaskan dan beri tiga contohnya.
2. Gambarkan terbentuknya molekul-molekul di bawah ini.
   a. air: H_2O
   b. karbon dioksida: CO_2
   c. oksigen: O_2

Rangkuman

1. Atom adalah bagian terkecil dari suatu unsur.
2. Perkembangan model atom.
   a. model atom Dalton
   b. model atom Thomson
   c. model atom Rutherford
   d. model atom Bohr
   e. model atom mekanika kuantum (mutakhir)
3. Ion adalah partikel yang bermuatan listrik.
4. Ion dibagi menjadi dua, yaitu:
   a. ion positif, yaitu partikel yang bermuatan listrik positif
   b. ion negatif, yaitu partikel yang bermuatan listrik negatif.
5. Molekul adalah bagian terkecil dari suatu materi.
6. Molekul dibagi menjadi dua, yaitu:
   a. molekul unsur: molekul yang terbentuk dari atom-atom yang sejenis,
   b. molekul senyawa: molekul yang terbentuk dari atom-atom yang tak sejenis.

Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang atom, ion, dan molekul.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajarilah bab selanjutnya.

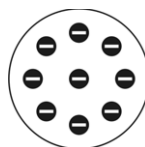
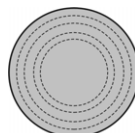
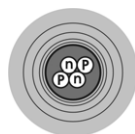
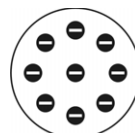
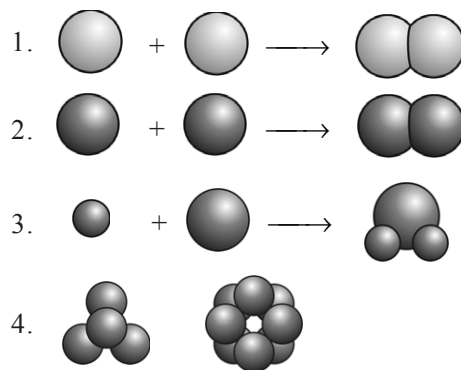
Glosarium

anion	:	ion yang bermuatan negatif.
elektron	:	partikel penyusun atom yang bermuatan negatif.
elektron valensi	:	elektron terluar suatu atom.
kation	:	ion yang bermuatan positif.
neutron	:	partikel inti atom yang tidak bermuatan (netral).
proton	:	partikel inti atom yang bermuatan positif.

Uji Kompetensi

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Materi adalah segala sesuatu yang menempati ruang dan mempunyai ....
   a. massa c. volume
   b. kecepatan d. warna
2. Bagian terkecil dari suatu unsur disebut ....
   a. nukleus c. atom
   b. molekul d. partikel
3. Jika materi dibagi terus-menerus, pada suatu saat materi tidak dapat dibagi lagi. Hal tersebut merupakan pernyataan ....
   a. Aristoteles c. Thomson
   b. Democritus d. Dalton
4. Materi bersifat kontinu. Hal tersebut merupakan pernyataan ....
   a. Leucipus c. Zeus
   b. Democritus d. Aristoteles
5. Dengan menggunakan tabung sinar katode, Thomson menemukan partikel ....
   a. proton c. nukleon
   b. neutron d. elektron
6.
   Gambar berikut merupakan gambar model atom yang dikemukakan oleh ....
   a. Dalton c. Rutherford
   b. Thomson d. Bohr
7. Gambar berikut yang menyatakan model atom Rutherford adalah ....
   a.
   c.
   b.

   d.
8. Tokoh berikut yang menemukan inti atom adalah ....
   a. Dalton c. Rutherford
   b. Thomson d. Bohr

9. Elektron yang beredar mengelilingi inti atom merupakan partikel yang ....
   a. bermuatan positif
   b. bermuatan netral
   c. tidak bermuatan
   d. bermuatan negatif
10. Partikel penyusun atom yang bermuatan positif adalah ....
    a. elektron   c. proton
    b. nukleon   d. neutron
11. Jumlah proton dalam inti atom netral sama dengan ....
    a. nomor atom
    b. nomor massa
    c. jumlah neutron
    d. massa atom relatif
12. Elektron, neutron, dan proton dalam atom masing-masing bermuatan ....
    a. positif, negatif, netral
    b. negatif, netral, positif
    c. netral, positif, negatif
    d. netral, negatif, positif
13. Atom $^{39}_{19}K$ mempunyai jumlah elektron, proton, dan neutron berturut-turut ....
    a. 39, 19, dan 20   c. 19, 19, dan 20
    b. 20, 19, dan 39   d. 19, 20, dan 19
14. Molekul P_4 dan S_8 termasuk molekul .....
    a. diatomik   c. ion
    b. poliatomik   d. senyawa
15.

    Dari gambar di atas yang termasuk molekul senyawa adalah gambar nomor ....
    a. 1   c. 3
    b. 2   d. 4

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sebutkan beberapa kelemahan model atom Dalton.
2. Jelaskan kelemahan model atom Rutherford.
3. Jelaskan tentang model atom Bohr.
4. Tentukan jumlah proton, elektron, dan neutron dalam atom-atom berikut.
   a. $^{14}_{7}N$ c. $^{79}_{34}Se$
   b. $^{40}_{18}Ar$ d. $^{80}_{35}Br$
5. Kelompokkan partikel berikut ke dalam ion, molekul unsur, atau molekul senyawa.
   a. Fe^{3+} f. S^{2-}
   b. CO_2 g. P_4
   c. I_2 h. CH_3COOH
   d. H_2S i. $C_6H_{12}O_6$
   e. F_2 g. S_8

Bab 10

BAHAN KIMIA DI RUMAH

Sumber: *Dok. Penerbit*

Bahan kimia di sekitar kita merupakan bahan-bahan kimia yang diproduksi oleh pabrik. Bahan kimia tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Bahan kimia di rumah yang sering digunakan meliputi bahan untuk pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi hama. Penggunaan bahan kimia secara berlebihan dapat mengganggu bagi pemakai dan lingkungan di sekitarnya.

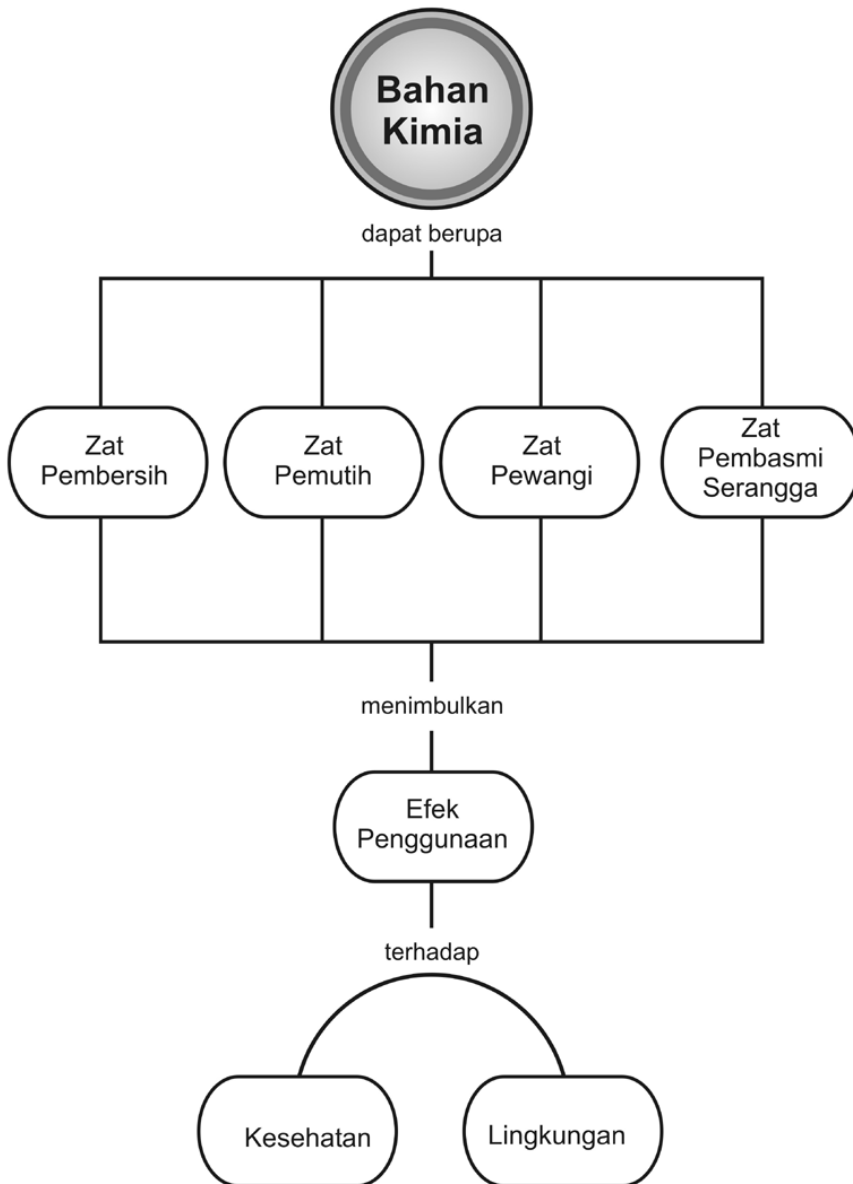
Fenomena pemanfaatan bahan-bahan kimia dapat kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu juga akan mempelajari efek samping pemakaian bahan kimia.

❖ Pretest ❖

1. Bagaimana cara mengenal bahan kimia yang digunakan di rumah tangga?
2. Sebutkan pengaruh penggunaan bahan kimia sebagai pembersih, pemutih, pewangi, dan pemberantasan hama.
3. Apakah efek samping penggunaan bahan kimia sebagai pembersih, pemutih, pewangi, dan pemberantasan hama?

❖ Kata-Kata Kunci ❖

– bahan kimia
– pembasmi serangga
– pembersih
– pemutih
– pewangi

Bahan Kimia
dapat berupa
Zat Pembersih
Zat Pemutih
Zat Pewangi
Zat Pembasmi Serangga
menimbulkan
Efek Penggunaan
terhadap
Kesehatan
Lingkungan

Manusia merupakan makhluk yang berakal dan mempunyai sifat tidak pernah puas, sehingga mendorong manusia untuk mengolah bahan-bahan alam yang ada di sekitarnya menjadi bahan yang berguna untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Manusia mampu membuat berbagai macam rekayasa kimia untuk mencukupi kebutuhannya. Rekayasa kimia bergerak dalam industri kimia. Industri kimia memproduksi bahan-bahan kimia, misalnya: asam, alkali, garam, bahan peledak, alkohol, dan berbagai bahan sintetis.

A. PEMANFAATAN BAHAN KIMIA

Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:
menyebutkan bahan-bahan kimia yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.

Dapatkah kamu menyebutkan bahan-bahan kimia yang ada di rumahmu? Bahan-bahan kimia itu diolah di industri kimia. Industri kimia mengolah bahan mentah dari alam melalui proses kimia dan fisika untuk menghasilkan bahan industri, misalnya zat pembersih, zat pemutih, zat pewangi dan zat pembasmi serangga.

1. Zat Pembersih

Zat pembersih dibagi menjadi empat, yaitu pembersih anggota badan, detergen, pembersih lantai, dan pembersih rambut kepala (sampo).

a. Pembersih Anggota Badan Manusia (Sabun Mandi)

Sabun merupakan molekul panjang yang terdiri atas dua ujung, yaitu ujung yang bersifat suka air (*hidrofil*) dan ujung lain yang bersifat takut air (*hidrofob*). Gugus hidrofil tertarik ke lingkungan berair, sedangkan gugus hidrofob menjauhi lingkungan berair, tetapi tertarik ke kotoran atau minyak/lemak. Ujung gugus hidrofob itulah yang menarik kotoran yang menempel kulit badan, kemudian melepaskannya ke dalam air. Setelah dibilas, kotoran akan hilang.

Sumber: *Ensiklopedi Sains dan Kehidupan*, 2003

▲ Gambar 10.1 Sabun mandi untuk membersihkan kulit

Bahan dasar pembuatan sabun adalah minyak kelapa atau lemak hewan dan natrium hidroksida atau soda api. Reaksi pembuatan sabun disebut reaksi penyabunan (*saponifikasi*). Selain sabun, reaksi penyabunan juga membentuk gliserol (gliserin) sebagai hasil sampingan.

Sabun akan menjadi padat dan terpisah jika hasil reaksi dicampur dengan larutan pewarna, parfum, dan zat aditif lainnya (zat pengisi).

b. Detergen

Detergen mempunyai persamaan dengan sabun, yaitu berupa molekul panjang dengan satu ujung bersifat suka air (hidrofil), sedangkan ujung yang lain bersifat takut air (hidrofob). Gugus hidrofil tertarik ke lingkungan berair, sedangkan gugus hidrofob tertarik ke kotoran atau minyak/lemak. Proses pelepasan kotoran oleh detergen sama halnya dengan sabun.

Bahan dasar pembuatan detergen adalah ABS (Alkil Benzena Sulfonat) atau LAS (Lauril Alkil Sulfonat) yang keduanya berasal dari minyak bumi dan natrium hidroksida (soda api). Banyak orang ber- anggapan bahwa buih merupakan hal penting dari daya kerja detergen. Sebenarnya buih tidak banyak pengaruhnya pada daya kerja detergen. Dengan banyaknya buih berarti makin banyak polusi yang dapat ditimbulkannya.

c. Pembersih Lantai

Bahan aktif dalam pembersih lantai adalah desinfektan (pembasmi kuman). Pembersih lantai sering disebut *karbol*. Nama tersebut berasal dari fenol atau asam karbolat, yaitu desinfektan yang pertama digunakan dalam pembersih lantai. Fenol tergolong sangat beracun dan merusak kulit. Sekarang ada desinfektan yang lebih baik, yaitu kresol dan heksil resorsinol.

Sumber: *Dok. Penerbit*

▲ Gambar 10.2 Berbagai macam sampo

d. Pembersih Rambut Kepala (Sampo)

Sampo merupakan bahan pembersih rambut kepala dengan menggunakan sodium (natrium) lauril sulfat. Komponen terpenting dalam sampo adalah natrium lauril sulfat sebagai detergennya. Namum demikian, berbagai macam bahan biasanya ditambahkan dalam sampo, misalnya parfum, susu, madu, strawberi, lemon, dan ramuan lainnya yang tidak banyak pengaruhnya pada daya kerja sampo.

2. Zat Pemutih

Berbagai produk pemutih banyak yang dipromosikan di media massa, dari pemutih kulit, pemutih gigi, pemutih pakaian, sampai pemutih makanan. Bahan pemutih merupakan bahan kimia yang digunakan untuk memutihkan bahan, baik dalam bentuk larutan maupun bubuk (serbuk).

Berdasarkan kegunaannya, bahan pemutih dikelompokkan menjadi pemutih pakaian, pemutih kulit, dan pemutih gigi.

a. Pemutih Pakaian

Pemutih pakaian pada umumnya mengandung hipoklorit sebagai bahan aktifnya. Hipoklorit mudah melepaskan klorin. Klorin dalam kadar tinggi dapat merusak pakaian. Contoh bahan pemutih, antara lain natrium hipoklorit ($NaClO$), dan kalsium hipoklorit $(CaClO)_2$.

Mencampur pemutih dengan bahan lain sangat berbahaya, misalnya bahan pemutih dicampur dengan pembersih kloset akan menghasilkan gas klorin. Gas klorin dapat merusak saluran pernapasan dan dapat mematikan apabila konsentrasinya besar. Mencampur pemutih dengan amonia dapat menghasilkan gas beracun, yaitu kloramin (NH_2Cl) dan hidrazin (N_2H_4). Oleh karena itu, jangan sekali-kali mencampurkan pemutih dengan bahan lain tanpa adanya petunjuk.

b. Pemutih Kulit

Krim pemutih kulit pada dasarnya hanya memiliki kemampuan untuk memucatkan noda hitam atau coklat pada kulit. Penggunaannya dalam waktu lama diharapkan dapat menghilangkan atau mengurangi hiperpigmentasi (kelebihan zat warna pada kulit). Akan tetapi, krim pemutih yang digunakan terus-menerus kemungkinan akan menimbulkan pigmentasi dengan efek yang tetap. Bahan kimia yang berupa merkuri sudah dilarang penggunaannya sebagai campuran kosmetik. Merkuri akan mengendap di bawah kulit yang menyebabkan timbulnya penyakit kulit berupa iritasi atau alergi. Pengendapan dan penumpukan bahan kimia tersebut sangat potensial menjadi penyebab kanker. Bahan aktif pemutih kulit adalah aluminium stearat.

c. Pemutih Gigi

Kita menggosok gigi dengan memakai bahan-bahan kimia yang dikemas dalam bentuk pasta gigi. Dalam pasta gigi terdapat bahan pembersih (natrium lauril sulfat), bahan abrasif yang bisa menghilangkan kerak yang menempel pada gigi atau plak ($CaCO_3$, TiO_2, SiO_2, nH_2O) dan bahan penguat gigi (SnF_2). Email gigi mempunyai komposisi menyerupai hidroksiapatit ($Ca(PO_4)OH$). Florida dari pasta biasa dipromosikan sebagai bahan pemutih gigi dan mencemerlangkan gigi karena dapat mengubah email menjadi fluoraapatit ($Ca_5(PO_4)_3F$), yaitu bahan yang lebih kuat daripada email semula.

Sumber: *Dok. Penerbit*

▲ Gambar 10.3 Berbagai macam pasta gigi

3. Zat Pewangi

Pewangi merupakan bahan kimia yang biasa ditambahkan untuk memperoleh bau yang wangi (harum). Pewangi dapat dikelompokkan menjadi pewangi ruangan, sabun dan detergen, minyak rambut, kosmetik atau parfum, dan pestisida semprot (cair).

Bahan-bahan kimia berbahaya yang ditemukan dalam pewangi ruangan, misalnya propana, butana, amonia, formaldehid, dan fenol. Bahan-bahan kimia tersebut dapat memberikan efek pada tubuh manusia, misalnya iritasi mata, selaput lendir hidung, tenggorokan, kulit, mual-mual, pusing, hilang ingatan, tumor atau kanker, asma, kerusakan hati, dan paru-paru.

Sumber: *Dok. Penerbit*

▲ Gambar 10.4 Berbagai macam pewangi

4. Zat Pembasmi Serangga

Insektisida merupakan bahan untuk mencegah dan membunuh serangga, seperti nyamuk, kutu busuk, rayap, semut, belalang, kepik, wereng, dan ulat.

Bahan kimia pada insektisida dapat dibagi menjadi tiga, yaitu organoklor, organofosfat, dan karbonat.

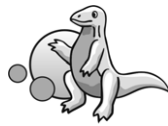
Organoklor adalah insektisida yang bersifat persista (sukar terurai) dan larut dalam lemak. Akibatnya limbah insektisida dapat mengalami biokumulas dalam rantai makanan. Oleh sebab itu, berbagai jenis pestisida organoklor telah dilarang atau diperketat penggunaannya. Contohnya DDT, aldrin, dan lindan.

Organofosfat adalah insektisida yang jauh lebih mudah terurai dan dapat terakumulasi dalam lemak serta lebih beracun terhadap mamalia daripada organoklor. Organofosfat dalam beberapa hari atau minggu sudah terdegradasi, sehingga residu insektisida organosfosfat jarang ditemukan dalam makanan. Contohnya diazinon, malation, dan paration.

Karbamat adalah insektisida yang dapat terurai dengan mudah dan tidak terakumulasi dalam lemak. Karbamat kurang toksik (bersifat racun) terhadap mamalia. Contohnya karbofuran (furadan), karbaril (servin), dan aldikarb (temik).

B. EFEK SAMPING BAHAN KIMIA

Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:
menjelaskan efek samping bahan kimia yang terdapat dalam produk kebutuhan rumah tangga.

Selain bermanfaat, penggunaan bahan-bahan kimia juga dapat menimbulkan efek samping yang merugikan. Pada dasarnya efek samping pemakaian bahan kimia berkaitan dengan kesehatan dan lingkungan. Untuk lebih jelasnya ikutilah uraian berikut.

1. Masalah Kesehatan

Pemakaian suatu produk bahan kimia secara berlebihan dan tidak sesuai petunjuk dapat menyebabkan keracunan atau kecelakaan. Biasanya, produsen bahan kimia sudah mencantumkan aturan pakai dalam kemasannya. Hal itu bertujuan agar para konsumen terhindar dari efek samping yang ditimbulkan.

Setelah penggunaan suatu bahan kimia, hendaknya jangan makan dan minum sebelum mencuci tangan. Jika produk yang digunakan berupa *spray*, usahakan menyemprot searah angin. Wadah *spray* sebaiknya disimpan di tempat yang jauh dari api maupun jangkauan anak kecil. Jika produk sudah habis terpakai, jangan membuang wadah secara sembarangan. Tahukah kamu mengapa demikian?

Pemakaian bahan kimia yang hati-hati akan menjamin keselamatan seseorang. Tanpa sengaja, seorang pemakai dapat terkena bahan kimia pada kulitnya atau matanya. Jika hal itu, terjadi usahakan kulit atau mata dibersihkan dengan air mengalir. Namun, jika bahan kimia tertelan, usahan minum susu atau air yang banyak. Apabila usaha-usaha tersebut belum membawa hasil, segera hubungi dokter.

2. Masalah Lingkungan

Penggunaan suatu produk bahan kimia dapat menghasilkan limbah yang dapat merusak lingkungan. Contohnya limbah dari pemakaian detergen atau instektisida. Limbah detergen mengandung makanan yang dapat menyuburkan tumbuhan eceng gondok. Pertumbuhan eceng gondok yang tidak terkendali dapat menutupi permukaan air. Akibatnya banyak ikan yang mati.

Sementara itu, limbah insektisida dapat mencemari kualitas air. Selain itu juga dapat merusak rantai makanan dan meracuni tumbuhan, hewan, bahkan manusia.

Tugas Individu

1. Catatlah bahan-bahan kimia yang terkandung di dalam setiap jenis pemutih.
2. Catatlah bahan kimia (bahan aktif) yang terkandung di dalam berbagai macam obat pengusir nyamuk.
   a. Obat nyamuk bakar
   b. Obat nyamuk cair (semprot)
   c. Obat nyamuk elektrik
   d. Obat nyamuk lotion
3. Pergilah ke toko atau supermarket, kemudian catatlah bahan-bahan kimia yang terdapat di dalam berbagai macam jenis pembersih berikut.
   a. Pembersih rambut (sampo)
   b. Sabun
   c. Lantai
   d. Detergen

Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang:

1. Pemanfaatakan bahan kimia.
2. Efek samping pemakaian bahan kimia.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajarilah bab selanjutnya.

Rangkuman

1. Zat pembersih adalah bahan yang dapat melepas kotoran yang menempel pada bahan lain.
2. Zat pemutih adalah bahan kimia yang digunakan untuk memutihkan bahan, baik dalam bentuk larutan maupun serbuk.
3. Pewangi adalah bahan kimia yang biasa ditambahkan untuk memperoleh bau yang harum.
4. Insektisida adalah bahan kimia untuk mencegah dan membunuh serangga, seperti nyamuk, kutu busuk, rayap, semut, belalang, kepik, wereng, dan ulat.
5. Untuk menghindari efek samping yang tidak dikehendaki penggunaan suatu produk bahan kimia harus sesuai aturan.

Glosarium

hidrofil : mempunyai kecenderungan untuk mengikat atau menyerap air.

hidrofob : zat dalam bentuk koloid yang tidak menarik atau tidak menyerap molekul air.

Uji Kompetensi

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Reaksi pembuatan sabun disebut ....
   a. eliminasi c. saponifikasi
   b. oksidasi d. reduksi
2. Berikut ini yang termasuk kelemahan sabun adalah ....
   a. tidak dapat mencuci dalam larutan yang bersifat asam
   b. tidak menyebabkan alergi kulit
   c. tidak meracuni kehidupan
   d. dapat diuraikan mikroorganisme
3. Hasil sampingan pada pembuatan sabun adalah ....
   a. hidrofil c. klorofil
   b. gliserol d. alkil
4. Molekul panjang dari detergen yang ujungnya takut air disebut ....
   a. hidrofil c. klorofil
   b. hidrofob d. alkil

5. Bahan detergen yang dapat mengikat kotoran supaya tidak menempel kembali adalah ....
   a. STPP c. CMC
   b. soda ash d. soda api
6. Bahan aktif yang terdapat dalam sampo yang berfungsi sebagai bahan pembersih adalah ....
   a. parfum
   b. natrium lauril suflat
   c. soda ash
   d. pewarna
7. Bahan kimia berikut yang termasuk pemutih pakaian adalah ....
   a. natrium klorit
   b. natrium hipoklorit
   c. natrium klorat
   d. natrium klorida
8. Benzoil peroksida termasuk bahan ....
   a. pemutih pakaian
   b. pemutih kulit
   c. pemutih gigi
   d. pemutih makanan
9. Bahan kimia berikut yang termasuk pemutih pakaian adalah ....
   a. kalsium hipoklorit
   b. hidrogen peroksida
   c. benzoil peroksida
   d. oksida klor
10. Bahan kimia berbahaya yang dilarang penggunaannya dalam kosmetika adalah ….
    a. vitamin B c. merkuri (raksa)
    b. tawas d. talk
11. Bahan abrasif yang terdapat dalam odol (pasta gigi) adalah ....
    a. natrium lauril sulfat
    b. minyak permen
    c. kalsium karbonat
    d. timah flourida
12. Bahan penguat email gigi yang terdapat dalam pasta gigi adalah ....
    a. titan dioksida
    b. timah flourida
    c. kalsium karbonat
    d. silikon oksida
13. Benzil alkohol dan linalol merupakan bahan kimia yang terdapat dalam pengharum ruangan yang dapat menimbulkan ….
    a. tekanan darah rendah
    b. depresi
    c. panas
    d. demam
14. Bahan kimia sebagai pembasmi dan pembunuh serangga disebut ....
    a. herbisida c. insektisida
    b. rodentisida d. banterisida
15. Insektisida berikut yang termasuk organoklor adalah ....
    a. paration c. karbaril
    b. diazinon d. DDT
16. Bahan kimia berikut yang *tidak* termasuk insektisida organoklor adalah ....
    a. karbon furan (furadan)
    b. aldrin
    c. DDT
    d. lindan
17. Bahan insektisida berikut yang sangat mudah terurai dan tidak terakumulasi dalam lemak adalah ....
    a. DDT c. lindan
    b. karbaril d. aldrin
18. Insektisida berikut yang termasuk organofosfat adalah ....
    a. aldikarb (temik) c. aldrin
    b. diazinon d. karbaril
19. Bahan kimia berikut yang dapat merusak lingkungan dan menjadi penyebab cacat lahir pada bayi yaitu ....
    a. zat orange c. malation
    b. aldikarb d. lindan
20. Baygon cair tergolong ....
    a. insektisida c. bakterisida
    b. fungisida d. nematida

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Apa yang dimaksud detergen?
2. Tergolong apa bahan aktif dalam sampo? Jelaskan.
3. Bagaimana pengaruh bahan tambahan seperti parfum, madu, atau ramuan lainnya pada daya kerja sampo?
4. Apa yang dimaksud bahan pemutih? Jelaskan.
5. Mengapa kosmetik yang mengandung merkuri (raksa) dilarang penggunaannya? Jelaskan.
6. Sebutkan bahan-bahan kimia yang berbahaya dalam pewangi ruangan.
7. Sebutkan penyakit yang ditimbulkan oleh bahan-bahan kimia yang ditambahkan dalam pewangi ruangan.
8. Apa yang dimaksud insektisida?
9. Sebutkan bahan kimia yang digunakan sebagai pembasmi serangga.
10. Sebutkan lima bahan aktif yang ditambahkan dalam insektisida.

Bab 11

ZAT ADITIF DALAM MAKANAN

Sumber: *Ensiklopedi Sains dan Kehidupan*, 2003

Zat aditif merupakan bahan kimia yang biasa ditambahkan atau dicampurkan dalam makanan atau minuman agar terasa menarik dan menambah selera untuk dimakan. Zat aditif bisa berupa zat pewarna, pemanis, pengawet, dan penyedap (cita rasa makanan).

Fenomena perubahan cita rasa makanan karena zat aditif akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu juga akan mempelajari macam-macam zat aditif dalam makanan.

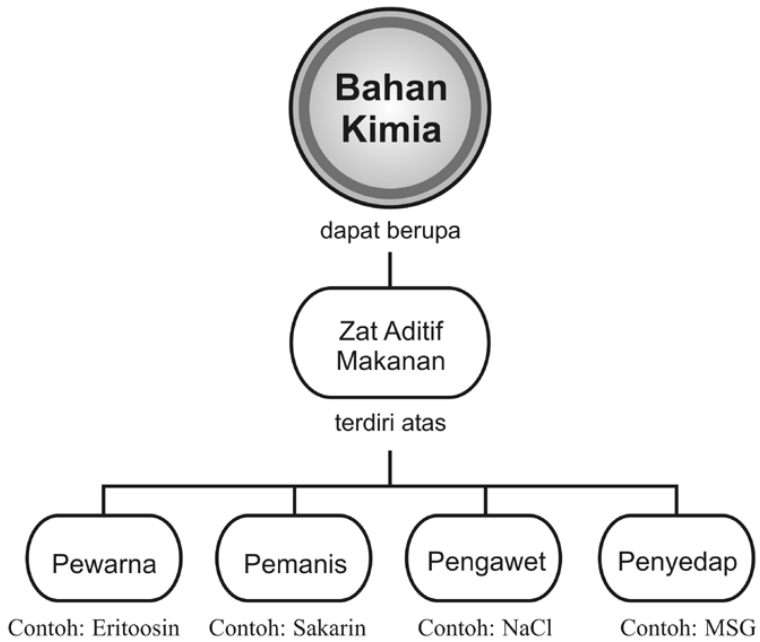
❖ Pretest ❖

1. Apakah yang dimaksud zat aditif?
2. Apakah tujuan pemberian zat aditif pada makanan?
3. Sebutkan bahan yang termasuk zat aditif pada makanan.

❖ Kata-Kata Kunci ❖

– antioksidan
– bahan sintetis
– radikal bebas
– zat aditif

Peta Konsep

Bahan Kimia
dapat berupa
Zat Aditif Makanan
terdiri atas
Pewarna
Pemanis
Pengawet
Penyedap
Contoh: Eritoosin
Contoh: Sakarin
Contoh: NaCl
Contoh: MSG

Seringkah kamu memerhatikan ibu memasak di dapur? Apa yang dilakukan agar masakannnya terasa lebih enak? Biasanya ibu akan menambah penyedap rasa ke dalam masakannya. Amankah hal itu bagi tubuh kita? Untuk lebih jelasnya ikuti uraian berikut.

Zat aditif adalah bahan kimia yang ditambahkan dan dicampurkan dalam pengolahan makanan untuk meningkatkan mutu makanan. Bahan kimia yang ditambahkan dapat berupa pewarna, pemanis, pengawet, dan penyedap. Bahan kimia itu dibedakan menjadi dua, yaitu bahan kimia alami dan bahan kimia buatan.

Bahan kimia alami dalam makanan dibuat dengan mengambil ekstrak bahan alami. Contohnya asam sitrat dari bahan jeruk dan lesitin dari kuning telur atau kedelai.

Bahan kimia buatan dalam makanan dibuat dengan cara mensintesis (mereaksikan) senyawa kimia sehingga membentuk bahan aditif. Contohnya asam benzoat, dan monosodium glutamat atau MSG (vetsin).

Berdasarkan pada fungsinya, zat aditif makanan dapat digolongkan sebagai berikut.

Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:
- *mengidentifikasi bahan kimia yang terdapat dalam makanan;*
- *mengidentifikasi efek samping bahan kimia dalam suatu produk;*
- *menunjukkan contoh makanan yang menggunakan bahan kimia alami dan buatan.*

A. Zat Pewarna Makanan

Pewarna adalah bahan yang dapat memperbaiki atau memberi warna pada makanan atau minuman, sehingga makanan atau minuman tersebut terlihat lebih menarik.

1. Zat pewarna alami

Zat pewarna alami diekstrak dari tumbuh-tumbuhan.

Contoh:

a. warna hijau berasal dari daun pandan dan daun suji, digunakan untuk jeli dan keju olahan.

b. warna kuning berasal dari kunyit, digunakan untuk keju dan kapri kalengan.

c. warna coklat berasal dari buah cokelat dan karamel, digunakan untuk jeli dan jamur kalengan.

d. warna kuning-merah (oranye) berasal dari wortel, digunakan untuk es krim, keju, minyak, dan margarin.

e. warna merah berasal dari daun jati, digunakan untuk sayur gudeg.

Sumber: *Ensiklopedi Sains dan Kehidupan*, 2003

▲ Gambar 11.1 Pewarna alami

2. Zat pewarna sintetis

Zat pewarna sintetis (buatan) merupakan pewarna yang lebih stabil dan lebih beragam serta lebih praktis penggunaannya.

Contoh:

a. warna hijau (hijau FCF), biasa digunakan untuk es krim, buah pir kalengan, dan acar mentimun dalam botol.

Radar Sains

Zat warna celup tidak boleh digunakan dalam makanan. Lebih aman menggunakan pewarna alami daripada pewarna sintetis.

b. warna kuning (kuning FCF) dan tartrazin, digunakan untuk es krim, dan jeli.
c. warna coklat (coklat HT), digunakan untuk minuman ringan, makanan cair.
d. warna biru (biru berlian), digunakan untuk es krim, jeli, dan kapri kalengan.
e. warna merah (eritrosin) dan amaranth, digunakan untuk es krim, jeli, saus apel, udang kalengan, dan buah pir kalengan.

Penggunaan pewarna sintetis harus diatur untuk menjaga kesehatan konsumen serta untuk menghindari timbulnya penyalahgunaan karena ketidaktahuan atau disengaja untuk menekan biaya produksi. Kadang-kadang terjadi kasus kesalahan pemakaian zat pewarna, misalnya produk makanan diolah menggunakan pewarna tekstil. Hal ini sangat berbahaya karena pewarna tekstil dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia.

B. Zat Pemanis

Gula, baik yang terbuat dari tebu maupun enau, kelapa, atau bit diuraikan oleh zat dalam tubuh manusia menjadi glukosa. Glukosa ini dibakar oleh oksigen menjadi gas CO_2 dan H_2O disertai dengan energi atau kalor. Jadi, gula selain manis rasanya juga dibutuhkan oleh manusia.

Sumber: *Ensiklopedi Sains dan Kehidupan*, 2003

▲ Gambar 11.2 Pemanis gula termasuk zat pemanis alami

Ada zat pemanis yang tidak menghasilkan kalor, misalnya sakarin, garam-garam siklamat, dulsin, dan sorbitol aspartam. Garam-garam siklamat mempunyai kemanisan 30-50 kali manis gula, dulsin mempunyai kemanisan 250 kali manis gula, sedangkan sakarin mempunyai kemanisan 500-800 kali manis gula. Di Indonesia pemanis bukan gula yang boleh digunakan yaitu sakarin, garam-garam siklamat, dan sorbitol. Dulsin dilarang digunakan sebagai bahan aditif makanan. Di Amerika (AS) dan Jepang, garam-garam siklamat (natrium, kalsium, atau magnesium siklamat) dilarang penggunaannya karena bersifat karsinogen (penyebab kanker). Sakarin dan garam-garam siklamat digunakan untuk pemanis permen karet, permen, es krim, es lilin, minuman ringan, dan minuman yoghurt, dan saus. Sorbitol digunakan untuk pemanis kismis, dan jeli.

Zat pemanis bukan gula sangat menolong orang-orang yang mengidap penyakit gula (diabetes). Penggunaan pemanis bukan gula secara berlebihan dapat menyebabkan tumbuhnya tumor (kanker) dalam kandung kemih.

Untuk Diingat

Bagaimanapun, lebih aman menggunakan pemanis alami daripada pemanis sintetis.

C. Zat Pengawet

Zat pengawet adalah bahan yang dapat mencegah atau menghambat fermentasi, pengasaman, atau penguraian terhadap makanan yang disebabkan oleh mikroorganisme.

Contoh:

1) garam dapur (NaCl) digunakan untuk mengawetkan ikan, daging, dan telur.
2) gula ($C_{12}H_{22}O_{11}$) digunakan untuk mengawetkan buah-buahan (dibuat manisan).
3) asam benzoat (C_6H_5COOH), natrium benzoat (C_6H_5COONa), kalium benzoat (C_6H_5COOK) digunakan untuk mengawetkan kecap, acar mentimun dalam botol, saus, dan minuman ringan.

Untuk makanan berlemak atau berminyak dapat ditambahkan antioksidan. Makanan berlemak atau berminyak dapat mengalami ketengikan yang lebih dikenal oksidasi. Adanya antioksidan itu menyebabkan bahan kimia yang sangat mudah bereaksi (radikal bebas) menjadi kurang reaktif. Antioksidan alami antara lain vitamin C dan vitamin E. Adapun antioksidan sintetis antara lain BHA (butylated hidroksyanisole) dan BHT (butylated hidroksytoluene).

D. Zat Cita Rasa (Penyedap) Makanan

Zat cita rasa (penyedap) makanan adalah bahan yang dapat memberikan, menambah, atau mempertegas rasa dan aroma makanan. Zat cita rasa makanan dikelompokkan menjadi dua, yaitu zat cita rasa alami dan zat cita rasa sintetis.

1. Zat cita rasa (penyedap) alami

Zat cita rasa (penyedap) alami berasal dari tumbuh-tumbuhan baik biji, daun, umbi, atau buah. Contohnya merica (lada), ketumbar, kemiri, laos, kunyit, kunci, jahe, kencur, daun sere, daun salam, daun jeruk purut, daun pandan, bawang merah, bawang putih, pala, dan cabai.

2. Zat cita rasa (penyedap) sintetis

Zat cita rasa (penyedap) sintesis merupakan zat cita rasa yang dibuat dan disintesis oleh manusia. Contohnya MSG (mono sodium glutamat) atau vetsin yang dibuat dari bahan tetes tebu melalui proses fermentasi (peragian).

Mengonsumsi makanan yang mengandung MSG secara terus-menerus dan berlebihan dapat menyebabkan sindrom restoran cina. Sindrom restoran cina ditandai dengan pusing kepala, sesak napas, dan cepat lelah.

Ada juga zat penyedap (cita rasa) dan aroma yang biasa ditambahkan ke dalam minuman ringan, permen, sirop, dan minuman suplemen dalam bentuk ester.

Contohnya antara lain:

1) amil valerat mempunyai rasa dan bau seperti buah apel;
2) isoamil asetat mempunyai rasa dan bau seperti buah pisang;
3) etil butirat mempunyai rasa dan bau seperti buah nanas;
4) oktil asetat mempunyai rasa dan bau seperti buah jeruk.

Radar Sains

Pengawasan terhadap kandungan nitrat/nitrit perlu dilakukan karena dikhawatirkan dapat bereaksi dengan senyawa amino sekunder dalam tubuh membentuk senyawa karsinogen nitrosamina.
Senyawa karsinogen dapat menyebabkan pertumbuhan kanker dalam jaringan hidup.

Sumber: *Ensiklopedia Sains dan Kehidupan*, 2003

▲ Gambar 11.3 MSG merupakan salah satu contoh zat penyedap (cita rasa) sintetis

Radar Sains

Dosis Aman Zat Aditif

Seberapa amankah zat aditif kita konsumsi? Batasan aman suatu zat aditif sangat diperlukan. Karena jika melebihi ambang batas yang sudah ditentukan, zat aditif tersebut dapat menjadi racun.

Batasan aman yang dapat dijadikan dasar adalah ADI (Acceptable Daily Intake) atau dosis harian yang diijinkan untuk dikonsumsi. ADI dinyatakan dalam satuan mg per kg berat badan. Misalnya, ADI untuk asam glutamat (MSG) 120 mg/kg berat badan. Artinya seseorang yang mempunyai berat badan 50 kg dapat mengonsumsi asam glutamat sebanyak 50 kg × 120 mg/kg = 6.000 mg. Jika orang itu mengonsumsi asam glutamat lebih dari 6.000 mg (6 gram), akan membahayakan tubuhnya.

Latihan

1. Apakah pengertian zat aditif pada makanan?
2. Apakah perbedaan zat pemanis alami dan zat pemanis buatan?
3. Sebutkan efek samping mengonsumsi makanan yang mengandung MSG secara terus-menerus dan berlebihan.

Rangkuman

1. Zat aditif adalah suatu zat yang ditambahkan dan dicampurkan dalam pengolahan makanan atau minuman.
2. Zat aditif dikelompokkan menjadi dua, yaitu alami dan sintetis.
3. Yang termasuk zat aditif makanan antara lain:
   a. zat pewarna
   b. zat pemanis bukan gula
   c. zat pengawet
   d. zat cita rasa makanan
   e. antioksidan

Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang zat aditif dan macam-macamnya. Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan kepada gurumu. Setelah paham, maka pelajarilah bab selanjutnya.

fermentasi	:	proses perubahan kimia yang disebabkan oleh mikroorganisme (enzim) atau reaksi peragian.
antioksidan	:	bahan kimia pencegah oksidasi.
karsinogen	:	senyawa yang menyebabkan pertumbuhan kanker dalam jaringan hidup.
oksidasi	:	reaksi penggabungan oksigen atau reaksi terjadinya pelepasan elektron.
radikal bebas	:	bahan kimia yang reaktif (mudah bereaksi)

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Warna hijau alami dapat dihasilkan dari ....
   a. daun jati
   b. daun suji
   c. daun jeruk
   d. daun pisang
2. Warna kuning alami dapat dihasilkan dari ....
   a. buah cokelat
   b. daun pandan
   c. daun kopi
   d. kunyit
3. Makanan berikut biasanya menggunakan warna oranye alami yang berasal dari wortel, *kecuali* ....
   a. minyak goreng
   b. margarin
   c. bakso
   d. keju
4. Makanan dan minuman berikut mengandung sakarin, *kecuali* ....
   a. sirop
   b. bubuk minuman
   c. mie instan
   d. minuman ringan
5. Mengonsumsi makanan yang mengandung MSG secara berlebihan dan terus-menerus dapat menimbulkan penyakit ....
   a. asma
   b. sindrom restoran cina
   c. kulit
   d. darah tinggi
6. Berikut ini bahan kimia yang berfungsi sebagai pemanis buatan pada makanan adalah ....
   a. MSG dan aspartam
   b. MSG dan monosodium glutamat
   c. sakarin dan aspartam
   d. sakarin dan asam sorbat
7. Makanan berikut menggunakan pemanis sakarin dan natrium siklamat, *kecuali* ....
   a. permen
   b. es krim
   c. minuman ringan dan yoghurt
   d. kismis
8. Bahan yang cocok untuk mengawetkan ikan laut dan telur adalah ....
   a. natrium benzoat
   b. natrium klorida (garam dapur)
   c. natrium nitrat
   d. etil formiat

9. Sirop yang mempunyai rasa dan aroma, seperti buah apel mengandung ....
   a. amil valerat
   b. oktil asetat
   c. etil butirat
   d. isoamil asetat

10. Berikut ini yang termasuk bahan pewarna alami adalah ...
    a. jahe dan serai
    b. serai dan lada
    c. kunyit dan sugi
    d. daun salam dan jahe

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Larutan cuka merupakan salah satu bahan (zat) aditif yang dapat ditambahkan dalam makanan. Sebutkan kegunaan cuka dalam pengolahan makanan.
2. Sebutkan zat aditif yang biasa terdapat dalam mie instan.
3. Bahan apa sajakah yang harus dipersiapkan untuk membuat manisan buah?
4. Bahan apakah yang harus dipersiapkan agar ikan bandeng dari suatu tambak tidak rusak sampai kepada konsumen?
5. Sebutkan bahan-bahan yang terdapat dalam sirop.

Bab 12

ZAT ADIKTIF DAN PSIKOTROPIKA

Sumber: *IPP,* 2002

Obat-obat tertentu dapat menghilangkan penyakit atau rasa sakit di tubuh, sedangkan obat-obat tertentu yang lain memengaruhi sistem saraf dengan cara yang seringkali menimbulkan berbagai perasaan yang menyenangkan: perasaan nikmat, aktivitas luar biasa, rasa mengantuk atau tidur, atau bahkan bayangan yang memberi rasa nikmat. Obat-obat yang memengaruhi pikiran seperti itu merupakan zat-zat psikoaktif.

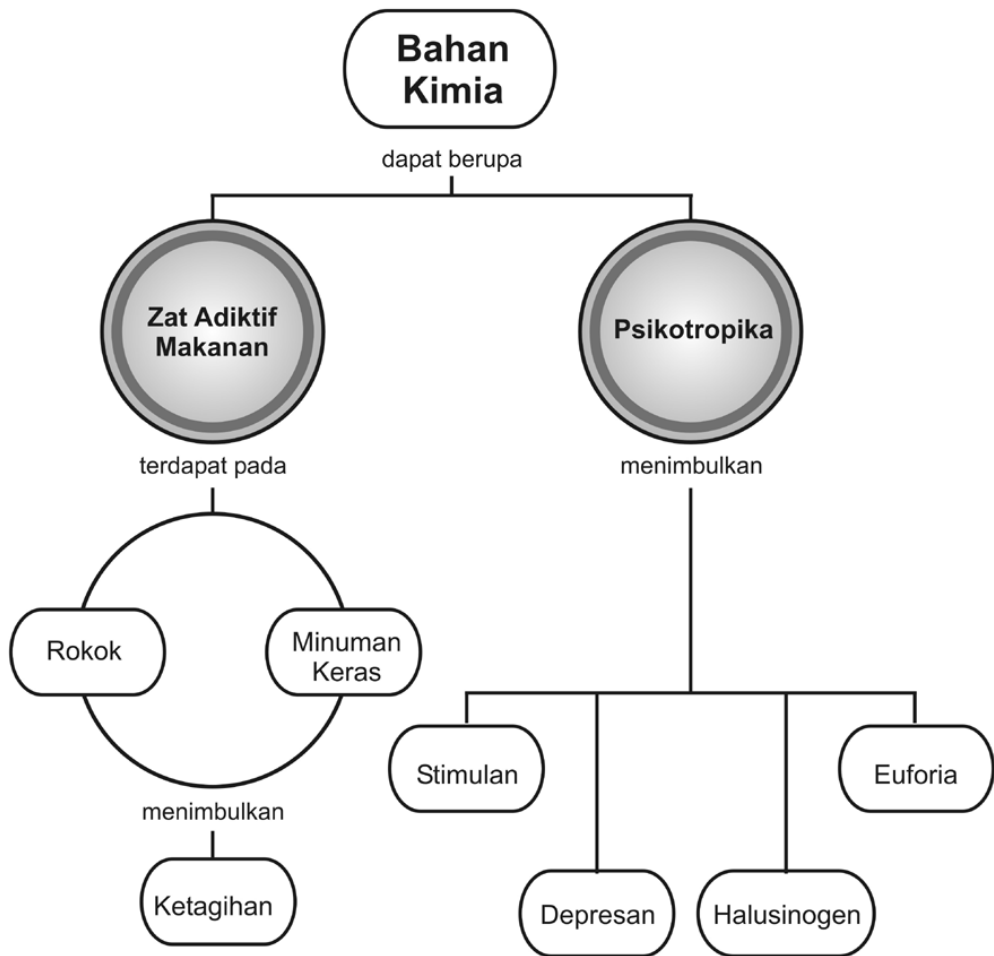
Fenomena timbulnya berbagai perasaan akibat zat-zat psikotropika akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu juga akan mempelajari akibat bahaya pemakaian zat-zat tersebut.

❖ **Pretest** ❖

1. Apakah yang dimaksud zat adiktif psikotropika?
2. Sebutkan bahan yang termasuk zat adiktif dan psikotropika.
3. Bagaimana pengaruh penggunaan zat adiktif dan psikotropika?

❖ **Kata-Kata Kunci** ❖

– napza
– narkoba
– ketagihan
– ketergantungan
– zat adiktif
– zat psikotropika

Bahan Kimia
dapat berupa
Zat Adiktif Makanan
Psikotropika
terdapat pada
menimbulkan
Rokok
Minuman Keras
menimbulkan
Ketagihan
Stimulan
Euforia
Depresan
Halusinogen

A. BENTUK-BENTUK ZAT ADIKTIF DAN PSIKOTROPIKA

Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:
- *menjelaskan pengertian zat aditkif dan psikotropika;*
- *menjelaskan dampak negatif zat adiktif (rokok dan minuman keras) dan psikotropika;*
- *menjelaskan cara menghindarkan diri dari penggunaan zat adiktif dan psikotropika.*

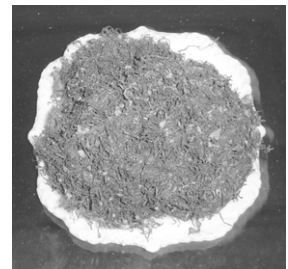
Zat adiktif adalah zat yang dapat mengakibatkan kecanduan (adiksi) atau yang bersifat menimbulkan ketergantungan pada pemakainya. Psikotropika adalah zat atau obat, baik alamiah maupun sintetis, yang dapat menyebabkan perubahan khas pada aktivitas mental dan perilaku seseorang. Psikotropika disebut juga obat psikoaktif. Zat adiktif dan psikotropika sering disebut juga dengan narkoba atau napza. Narkoba singkatan dari narkotika dan obat-obat terlarang. Adapun, napza singkatan dari narkotika, psikotropika, dan zat adiktif lainnya.

1. Zat Adiktif

a. Rokok

Tembakau atau *Nicotiana Tabacum L.* mengandung suatu senyawa psikoaktif yang disebut nikotin. Kadar nikotin dalam tembakau berkisar dari 1-4%. Dalam satu batang rokok terdapat nikotin ± 1,1 mg. Pada waktu rokok diisap, tersedot pula hasil pembakaran (pirolisis) yang berupa CO_2, CO, polycyclic aromatic hydrokarbon (PAH), tar, N_2O, amonia, asetaldehida, partikulat, dan ada pula ± 4.000 macam senyawa.

Sebagian besar nikotin terbakar ketika dirokok, tetapi sekitar 0,25 mg per batang rokok sampai ke paru-paru.

1) *Beberapa zat dalam rokok yang berbahaya terhadap kesehatan, antara lain sebagai berikut.*
   a) Karbon monoksida (CO) adalah gas yang sangat beracun, mudah terikat pada hemoglobin, sehingga mengurangi kemampuan darah mengikat oksigen.
   b) PAH (Polycyclic Aromatic Hydrokarbon); uap PAH dapat menyebabkan kanker.
   c) Tar adalah cairan kental berwarna coklat, dapat menumpuk dan mengganggu kinerja paru-paru. Ada sekitar 30 jenis senyawa yang terdapat dalam tar yang diduga dapat menyebabkan kanker.
   d) Nikotin, bersifat racun dan dapat menyebabkan ketagihan (adiksi). Nikotin dapat menyebabkan munculnya berbagai macam penyakit seperti: kanker paru-paru, jantung koroner, arterioskle-rosis, dan nafsu makan menurun.
2) *Ciri-ciri fisik perokok, antara lain sebagai berikut.*
   a) sering batuk-batuk,
   b) wajah terlihat kusam karena pengaruh asap rokok,

Sumber: *Dok. Penerbit*

▲ Gambar 12.1 Tembakau sebagai bahan utama rokok.

c) gigi kuning dan napas berbau rokok,
d) kuku kotor karena nikotin,
e) bibir biru kehitaman,
f) mulut dan keringat berbau rokok.

3) *Cara-cara pencegahan dari ketergantungan pada rokok*

Prinsip utama untuk terbebas dari rokok adalah niat untuk berhenti merokok. Adapun cara-cara untuk mencegah ketergantungan pada rokok, antara lain sebagai berikut.

a) secara bertahap berhenti untuk merokok dengan mengurangi konsumsi rokok,
b) menyadari bahaya rokok bagi kesehatan,
c) akibat merokok berbahaya bagi diri sendiri dan orang lain di sekitarnya,
d) merokok berimbas untuk mengenali obat-obat berbahaya lainnya, misalnya psikotropika.

b. Minuman Keras (Alkohol atau Etanol)

Minuman keras adalah minuman yang mengandung alkohol atau etanol (C_2H_5OH). Menurut keterangan berbagai sumber, minuman beralkohol sudah dikenal manusia sejak ± 5.000 tahun yang lampau. Di sebagian daerah yang ada di Indonesia ada beberapa minuman lokal yang beralkohol, misalnya tuak, ciu, dan arak.

1) *Penggolongan minuman keras*

Menurut peraturan Direktorat Pengawasan Obat dan Makanan Departemen Kesehatan, minuman keras dibagi menjadi tiga golongan berdasarkan kadar alkohol di dalamnya, yaitu sebagai berikut.

a) Golongan A: kadar etanol 1-5%, contoh: bir
b) Golongan B: kadar etanol 5-20%, contoh: anggur
c) Golongan C: kadar etanol 20-45%. contoh: vodka, wiski dan lain-lain.

Sumber: *Dok. Penerbit*

▲ Gambar 12.2 Macam-macam minuman keras yang mengandung etanol

Adapun etanol mempunyai khasiat menekan aktivitas susunan saraf pusat. Dalam jumlah sedikit, mula-mula akan menekan pusat inhibisi (pusat pengendalian diri), sehingga etanol berkhasiat seolah-olah merangsang susunan sarat pusat. Akibat menekan pusat inhibisi, rasa malu-malu akan berkurang, peminum akan lebih berani bicara, merasa santai, dan tidak merasakan kecemasan.

Dalam jumlah yang lebih banyak, peminum akan sempoyongan, bicaranya cedal (bahasa Jawa: *pelo*), dan kemampuan menilai sesuatu akan berkurang untuk sementara waktu. Dalam jumlah yang lebih banyak lagi dapat menyebabkan koma, bahkan kematian. Jika kebiasaan minum dihentikan, maka akan

menimbulkan berbagai gangguan fisis maupun psikis, misalnya tangan, lidah, dan kelopak mata bergetar, mual, rasa lesu, detak jantung bertambah cepat, berkeringat, resah, sedih, mudah tersinggung, berbicara di luar kesadaran (delirium), kehilangan daya ingat (amnesia), dan halusinasi pendengaran dan penglihatan.

Kebanyakan minum minuman keras dalam waktu yang lama dapat menyebabkan antara lain kanker hati (*cirrhosis hepatitis*), kerusakan pada otak dan jantung, kerusakan lambung (gastritis), daya ingat turun, gangguan jiwa, koordinasi motorik terganggu, dan sikap nekat bertambah

Adapun, ciri-ciri fisik seseorang yang mengalami ketergantungan pada minuman keras, antara lain sebagai berikut.

a) Bibir biru kehitaman.
b) Gigi berwarna coklat.
c) Muka merah.
d) Mata cekung.
e) Badan tidak terlihat segar dan tidak energik/malas.
f) Napas berbau alkohol.
g) Berat badan tidak normal, biasanya terlihat kurus.

2) *Cara-cara pencegahan dari ketergantungan pada minuman keras*

Kita sering mendengar peristiwa kejahatan yang terjadi akibat pelaku mabuk karena minum-minuman keras. Oleh karena itu, jangan sekali-kali mencoba minum-minuman keras walaupun hanya sedikit. Sebab walaupun hanya sedikit, efeknya sangat besar karena bersifat adiktif (candu).

Adapun cara-cara mencegah ketergantungan pada minuman keras, antara lain sebagai berikut.

a) Menolak pemberian apabila orang lain menawarkan minuman keras.
b) Jangan sekali-kali mencoba minum-minuman keras karena bersifat adiktif (candu).
d) Selalu ingat pada bahaya minuman keras.

2. Psikotropika dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan

Berdasarkan pada efek fisiologis dan efek perilaku yang ditimbulkan, psikotropika dibedakan menjadi stimulan, depresan, halusinogen, dan euforia. Zat-zat tersebut juga dapat menyebabkan ketergantungan (adiktif).

Radar Sains

Penggunaan obat psikoaktif yang terus-menerus dalam dosis tinggi dapat menyebabkan kerusakan permanen pada otak atau tubuh, serta dapat menyebabkan kematian.

a. Stimulan

Stimulan membuat reaksi badan lebih aktif dan merasa mempunyai simpanan tenaga yang tidak terbatas. Sebenarnya stimulan tidak memberikan tenaga, tetapi hanya memberikan rangsangan untuk menggunakan energi (tenaga) lebih cepat,

sehingga stimulan sering disebut pil penggiat. Setiap zat stimulan akan meningkatkan denyut jantung dan peningkatan tekanan darah. Stimulan dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1) *Stimulan lemah*

   Contoh:
   - kafein (pada kopi, teh, cokelat, dan minuman cola)
   - nikotin (pada rokok atau tembakau)

2) *Stimulan kuat*

   Contoh:
   - amfetamin
   - metamfetamin
   - preludin
   - ritalin
   - kokain

Pemberian stimulan yang berlebihan dapat menyebabkan:

1) denyut jantung dan tekanan darah tidak beraturan,
2) pendarahan otak,
3) cacat otak menahun,
4) paranoid, yaitu perasaan penderita yang merasa tersiksa dan dikejar-kejar orang, serta seringkali melakukan tindakan kekerasan.

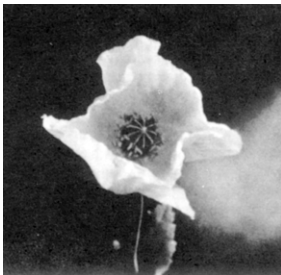
b. Depresan

Depresan merupakan zat kimia atau obat yang dapat membuat orang lamban dan kadang-kadang membuatnya tidur.

Setiap depresan mempunyai dua pengaruh, yaitu:

1) Pengaruh fisiologis, yaitu pengaruh yang menyebabkan keinginan terus-menerus menaikkan dosis.
2) Pengaruh psikologis, yaitu pengaruh yang menyebabkan kecanduan adiktif (ketergantungan fisik) pada obat.

Contoh:

- heroin
- morfin
- demerol
- metadon
- barbiturat (pil tidur)
- metakuolan
- opium dan turunannya
- minuman keras (alkohol)
- beberapa senyawa hidrokarbon yang mudah menguap.

Sumber: *IPP*, 2002

▲ Gambar 12.3 Opium merupakan salah satu contoh depresan. Torehan pada buah menghasilkan getah yang menjadi opium setelah dikeringkan.

Penggunaan depresan secara berlebihan dapat menyebabkan:

1) ketagihan (ketergantungan atau kecanduan),
2) demam, kejang-kejang, koma,
3) pingsan dan mati secara mendadak.

c. Halusinogen

Halusinogen merupakan zat yang mempunyai pengaruh menghancurkan dengan kuat persepsi penglihatan dan pendengaran, serta terjadi peningkatan respons emosional. Halusinogen menimbulkan halusinasi pada pemakainya.

Contoh:
- meskalin (kaktus peyote)
- LSD (lisergic acid dietilamid)
- PCD (debu bidadari)
- STP (dimetoksimetil amfetamin)
- psilosibin (jamur)

Penggunaan halusinogen secara berlebihan dapat menyebabkan hal-hal sebagai berikut:

1) Salah paham terhadap lingkungan yang diciptakannya.
2) Seseorang berbuat nekat, misalnya: loncat dari gedung bertingkat, terjun ke dalam kobaran api, menenggelamkan diri ke laut, dan lain-lain.
3) Melakukan tindak kekerasan dan agresif.
4) Jiwa tidak normal.

d. Euforia

Euforia adalah zat atau obat yang memberikan rasa gembira. Euforia membuat pemakainya merasa nikmat dan melayang, contoh mariyuana dan ganja. Ganja tidak lain adalah bentuk mariyuana yang lebih terkonsentrasikan.

Penggunaan euforia dapat menyebabkan hal-hal berikut

1) lambat bereaksi,
2) lambat mengambil keputusan,
3) merasa melayang-layang,
4) ketidakpedulian pada lingkungan,
5) hilang perhatian dan kemauan,
6) panik, dan
7) bertindak antisosial dan merusak tubuh.

Sumber: *IPP*, 2002

▲ Gambar 12.4 Tanaman mariyuana sebagai bahan euforia

Secara umum, ciri-ciri fisik ketergantungan pada psikotropika adalah sebagai berikut.

a. Berat badan turun sehingga terlihat sangat kurus.
b. Matanya sangat merah dan cekung.
c. Rasa mual.
d. Tekanan darah tidak teratur.
e. Kelainan jantung.
f. Banyak berkeringat, kadang-kadang kekurangan cairan.
g. Nafsu makan berkurang.
h. Denyut nadi meningkat.

Adapun ciri-ciri psikologis ketergantungan terhadap psikotropika antara lain sebagai berikut.

a. Suka menyendiri dan lebih suka tinggal di kamar.
b. Pendiam dan tertutup.
c. Takut pada air atau sinar matahari.
d. Ketagihan atau sakau.
e. Kurang bertanggung jawab dan suka berbohong.
f. Sering gelisah dan emosional.

Seperti halnya pada minuman keras, ketergantungan terhadap psikotropika dapat disembuhkan dengan niat sungguh-sungguh untuk tidak memakai lagi dan merehabilitasi pemakai dari ketergantungan psikotropika. Rehabilitasi meliputi menghilangkan racun (detoksifikasi) dan pengobatan untuk menghilangkan ketergantungan terhadap psikotropika.

Selain penyembuhan, yang lebih penting lagi adalah menjaga dirimu tidak terlibat penyalahgunaan napza. Untuk itu perhatikan upaya berikut.

1. Selalu berdoa dan mohon perlindungan kepada Tuhan Yang Maha Esa.
2. Menanamkan motivasi kuat tidak akan mencoba napza.
3. Memilih teman yang baik dalam bergaul.
4. Selalu berkomunikasi dengan orang tua atau guru di sekolah.
5. Aktif dalam kegiatan sosial kemasyarakatan yang positif.
6. Ikut mendukung gerakan anti napza.

Tujuan Pembelajaran

Tujuan belajarmu adalah dapat:
mendata penggunaan zat adiktif dan psikotropika dalam bidang kesehatan.

B. KEGUNAAN ZAT ADIKTIF DAN PSIKOTROPIKA DI BIDANG KESEHATAN

Penggunaan napza tidak selalu berhubungan dengan hal-hal negatif. Napza juga dapat dimanfaatkan untuk keperluan manusia, misalnya untuk keperluan kedokteran atau kesehatan. Penggunaan zat adiktif dan psikotropika dalam bidang kesehatan hanya boleh dilakukan oleh pihak yang berwenang, misalnya dokter atau petugas kesehatan lainnya. Penggunaan zat adiktif dan psikotropika diatur dengan memakai jenis dan dosis yang terkontrol.

Penggunaan zat-zat yang tergolong zat adiktif dan psikotropika di bidang kesehatan antara lain sebagai berikut.

1. Morfin

   Morfin digunakan untuk menghilangkan rasa nyeri yang hebat, ataupun untuk mengurangi rasa tegang pada penderita yang akan dibius sebelum operasi.

2. Heroin
   Heroin digunakan untuk mengurangi depresi karena batuk.
3. Metadon
   Metadon digunakan sebagai analgesia bagi penderita rasa nyeri dan untuk terapi pecandu narkoba.
4. Analgesik
   Analgesik digunakan untuk menghilangkan rasa nyeri/rasa sakit.
5. Amfetamin dan turunannya
   Amfetamin digunakan untuk mengurangi depresi yang ditimbulkan oleh obat penghambat susunan saraf pusat (analeptik)
6. Meperidin/petidin/demerol atau dolantin
   Meperidin digunakan untuk analgesia, efektif untuk terapi batuk dan diare.
7. Barbiturat
   Barbiturat digunakan untuk menghilangkan rasa cemas sebelum operasi.

Latihan

1. Apakah yang dimaksud zat adiktif dan psikotropika?
2. Sebutkan zat-zat berbahaya yang terdapat pada rokok.
3. Sebutkan ciri-ciri fisik ketergantungan pada minuman keras.
4. Sebutkan pengaruh psikotropika jenis:
   a. stimulan,
   b. depresan,
   c. halusinogen, dan
   d. euforia.
5. Sebutkan tiga contoh penggunaan zat adiktif dan psikotropika dalam bidang kesehatan.

Tugas Individu

Datanglah ke toko/warung dekat rumahmu. Apakah kamu menemukan kandungan zat adiktif pada barang-barang yang dijual? Jika ada, sebutkan dan jelaskan akibatnya jika dikonsumsi.

Rangkuman

1. Zat adiktif adalah zat yang penggunaannya dapat mengakibatkan kecanduan atau yang bersifat menimbulkan ketergantungan pada pemakainya.
2. Psikotropika adalah zat atau obat, baik alamiah maupun sintetis yang dapat menyebabkan perubahan khas pada aktivitas mental dan perilaku seseorang.

3. Stimulan adalah bahan kimia yang membuat reaksi badan lebih aktif atau memberikan rangsangan untuk menggunakan energi lebih cepat.
4. Depresan adalah zat kimia atau obat yang dapat membuat orang lamban dan menghilangkan rasa nyeri di badan.
5. Halusinogen adalah zat kimia yang mempunyai pengaruh menghancurkan dengan kuat persepsi penglihatan dan pendengaran serta terjadi peningkatan respon emosional.
6. Euforia adalah zat atau obat yang memberikan rasa gembira.
7. Penggunaan zat-zat yang tergolong zat adiktif dan psikotropika di bidang kesehatan, antara lain sebagai berikut.
   a. morfin,
   b. heroin,
   c. metadon,
   d. analgesik,
   e. amfetamin
   f. meperidin
   g. barbiturat

Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang:
1. Zat adiktif dan psikotropika.
2. Dampak negatif zat adiktif dan psikotropika.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajarilah bab selanjutnya.

Glosarium

adiksi : kecanduan atau ketagihan.
analgetika : penghilang rasa nyeri.
arteriosklerosis : penyempitan pembuluh darah.
gastritis : kerusakan lambung.
intoksikan : zat racun atau zat yang membuat mabuk.
paranoid : perasaan penderita yang merasa tersiksa dan dikejar-kejar orang lain dan seringkali melakukan tindakan kekerasan.

Uji Kompetensi

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Zat yang dapat mengakibatkan kecanduan (adiksi) atau yang bersifat menimbulkan ketergantungan pada pemakainya disebut ....
   a. zat bergizi c. zat adiktif
   b. zat aditif d. zat psikotropika
2. Berikut ini zat berbahaya yang terdapat dalam rokok, *kecuali* ....
   a. karbon monoksida
   b. tar dan PAH
   c. nikotin
   d. nitrogen
3. Berikut adalah akibat yang dapat ditimbulkan oleh rokok, *kecuali* ....
   a. pencemaran udara
   b. kanker kulit
   c. kanker paru-paru
   d. jantung koroner
4. Minuman keras mempunyai kadar etanol yang berbeda-beda. Minuman beralkohol berikut yang paling rendah kadar etanolnya adalah ....
   a. vodka c. wiski
   b. brandi d. anggur
5. Selain sebagai bahan utama minuman keras, alkohol dapat juga dipakai untuk ….
   a. zat penambah daya obat dari dokter
   b. zat pemanas pada proses pembiusan
   c. zat pendingin ketika akan menyuntik
   d. zat antiseptik ketika akan menyuntik
6. Perhatikan pernyataan berikut.
   1) Kurus kering, badan tidak segar.
   2) Daya ingat rendah dan pelupa.
   3) Selalu merasa haus.
   4) Mata cekung dan tatapan mata kosong.
   5) Selalu merasa lapar.

   Ciri-ciri fisik pecandu minuman keras ditunjukkan oleh nomor ....
   a 1, 2, dan 3 c. 3, 4, dan 5
   b. 2, 3, dan 4 d. 1, 2, dan 4
7. Berikut ini zat yang tidak tergolong psikotropika adalah ....
   a. stimulan c. halusinogen
   b. antibiotik d. euforia
8. Berikut ini berbagai macam narkoba.
   1) Amfetamin 4) Morfin
   2) LSD 5) Kokain
   3) Metamfetamin

   Zat yang tergolong stimulan ditunjukkan oleh nomor ....
   a. 1, 2, dan 4 c. 2, 3, dan 4
   b. 1, 3, dan 5 d. 2, 4, dan 5
9. Berikut ini akibat dari pemberian stimulan yang berlebihan, *kecuali* ....
   a. paranoid
   b. diare
   c. pendarahan otak
   d. tekanan darah tak beraturan
10. Berikut ini berbagai macam narkoba.
    1) LSD 4) Metadon
    2) Heroin 5) Opium
    3) Meskalin 6) PCD

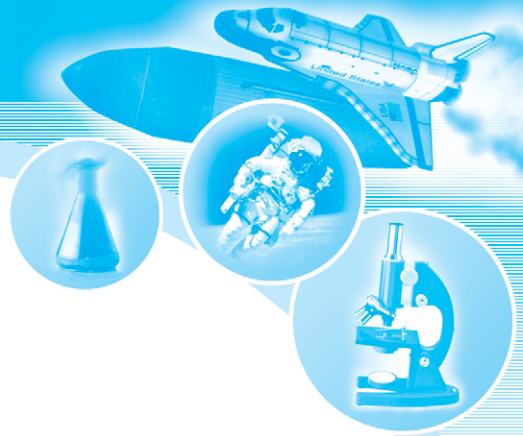
    Zat yang tergolong depresan ditunjukkan oleh nomor ....
    a. 1, 2, dan 3 c. 2, 4, dan 5
    b. 2, 3, dan 4 d. 4, 5, dan 6
11. Berikut ini akibat penggunaan depresan secara berlebihan, *kecuali* ....
    a. ketagihan
    b. pingsan, mati mendadak
    c. pendarahan otak
    d. kejang-kejang, demam, koma

12. Akibat dari penggunaan morfin tanpa pengawasan dokter adalah ....
    a. impotensi dan kematian apabila kelebihan dosis
    b. kurang bisa membedakan warna
    c. kanker hati
    d. pingsan dan mati secara mendadak
13. Zat berikut yang *tidak* termasuk halusinogen adalah ....
    a. heroin   c. PCD
    b. LSD   d. STP
14. Berikut ini efek penggunaan euforia, **kecuali** ....
    a. merasa melayang-layang
    b. lambat bereaksi
    c. pingsan dan mati mendadak
    d. bertindak antisosial dan merusak tubuh
15. Berikut ini cara tepat untuk menghindari ketergantungan zat adiktif dan psikotropika adalah ....
    a. konsultasi ke dokter tentang bahaya zat adiktif dan psikotropika
    b. pergi ke tempat rehabilitasi ketergantungan zat adiktif dan psikotropika
    c. tidak mau mencoba menggunakan zat adiktif dan psikotropika
    d. menghilangkan racun dari penyalahgunaan zat adiktif

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sebutkan zat-zat yang berbahaya pada rokok dan pengaruhnya terhadap kesehatan.
2. Sebutkan beberapa akibat dari penggunaan minuman keras secara terus-menerus dalam waktu lama.
3. Sebutkan penggolongan psikotropika berdasarkan efek fisiologis dan efek perilaku yang ditimbulkan.
4. Sebutkan ciri-ciri fisik ketergantungan psikotropika.
5. Sebutkan kegunaan zat adiktif dan psikotropika dalam bidang kesehatan.

Bab 13

GAYA

Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

Gurita meluncurkan diri di air dengan gaya dorong jet. Untuk bergerak ke depan, si gurita memancarkan air ke belakang. Mengapa hal itu terjadi?

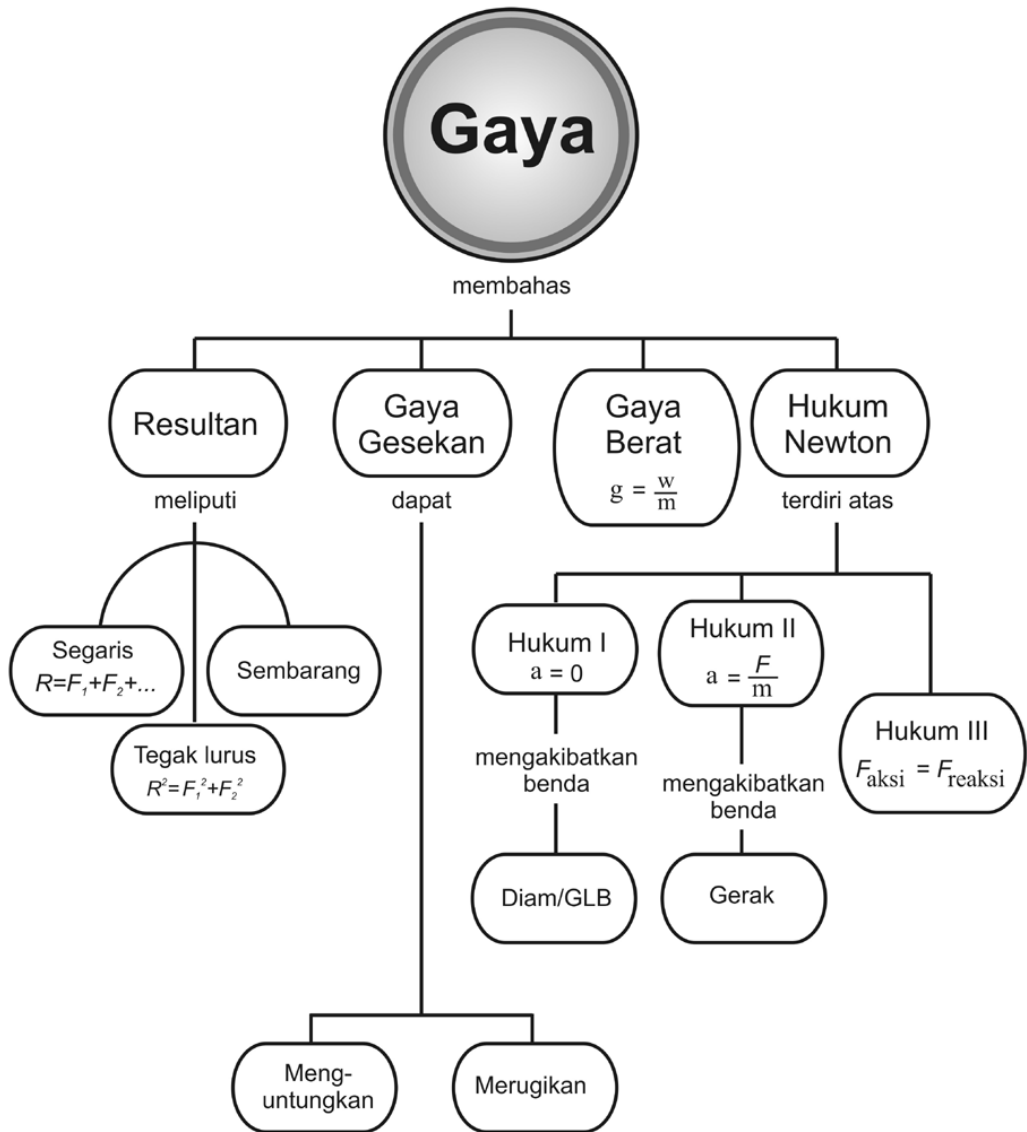
Fenomena gerakan gurita itu akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan jenis-jenis gaya, penjumlahan gaya, pengaruhnya terhadap benda lain dan penerapan Hukum Newton.

❖ Pretest ❖

1. Apakah yang dimaksud gaya?
2. Apakah yang dimaksud resultan gaya?
3. Apakah gaya aksi dan reaksi dapat saling meniadakan?
4. Apakah perbedaan gaya gesekan statis dan gaya gesekan kinetis?
5. Apakah perbedaan berat dan massa?

❖ Kata-Kata Kunci ❖

– aksi reaksi
– berat
– gaya
– Hukum Newton
– resultan

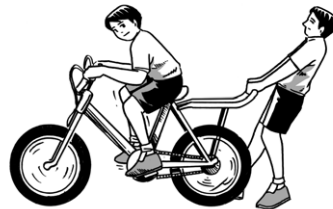
Gaya
membahas
Resultan
meliputi
Segaris
$R=F_1+F_2+...$
Sembarang
Tegak lurus
$R^2=F_1^2+F_2^2$
Gaya Gesekan
dapat
Meng-
untungkan
Merugikan
Gaya Berat
$g = \frac{w}{m}$
Hukum Newton
terdiri atas
Hukum I
$a = 0$
mengakibatkan benda
Diam/GLB
Hukum II
$a = \frac{F}{m}$
mengakibatkan benda
Gerak
Hukum III
$F_{aksi} = F_{reaksi}$

Jika kita amati beberapa kejadian sehari-hari, misalnya kelapa jatuh dari tangkainya, besi dapat ditarik oleh magnet, bola kasti yang dilempar kemudian dipukul akan berubah arahnya, plastisin yang ditekan akan berubah bentuknya,dan masih banyak kejadian lainnya. Mengapa hal itu bisa terjadi? Apa yang menyebabkannya?

A. PENGERTIAN GAYA

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
melukiskan gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda secara proporsional.

Tahukah kamu apa sebenarnya yang dimaksud gaya? Samakah pengertian *gaya* dalam ilmu pengetahuan alam dengan pengertian *gaya* hidup remaja? Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 13.1, 13.2, 13.3, dan 13.4 berikut.

▲ Gambar 13.1 Kursi berpindah karena dorongan

▲ Gambar 13.2 Gerak sepeda menjadi lambat karena tarikan

▲ Gambar 13.3 Bola kasti berubah arah karena dipukul

▲ Gambar 13.4 Tanah liat berubah bentuk karena gaya tekan

Berdasarkan beberapa kegiatan pada gambar di atas dapat disimpulkan bahwa adanya gaya dapat mengakibatkan benda berpindah, perubahan kecepatan benda, perubahan gerak benda, dan perubahan bentuk benda.

Jadi, gaya adalah sesuatu yang berupa tarikan atau dorongan sehingga mengakibatkan perubahan posisi dan atau bentuk benda. Untuk lebih memahami pengaruh gaya pada benda, coba kamu melakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 13.1

Tujuan: Menyelidiki pengaruh yang ditimbulkan gaya pada benda.

Alat dan Bahan

- Tanah liat atau plastisin
- Bola karet
- Bola pingpong
- Meja

Cara Kerja

1. Letakkan sebuah tanah liat atau plastisin di atas meja, tekanlah dengan tanganmu. Apakah bentuk tanah liat atau plastisin berubah?
2. Letakkan sebuah bola karet di atas meja, berikan dorongan pada bola karet tersebut. Bergerakkah bola karet tersebut? Setelah gaya dihentikan apakah bola karet tetap bergerak?
3. Suruhlah temanmu untuk menggelindingkan bola pingpong di atas meja. Tiuplah bola pingpong dengan arah berlawanan. Apakah arah gerak bola berubah?

Pertanyaan:

1. Sebutkan tiga pengaruh gaya terhadap benda.
2. Nyatakan kesimpulanmu dalam buku tugasmu.

1. Macam-Macam Gaya

Sumber: *Dok. Penerbit*

▲ Gambar 13.5 Gaya otot menyebabkan becak dapat berjalan.

Pernahkah kamu menarik sebuah paku menggunakan tali? Pernahkah kamu menarik paku menggunakan magnet? Dapatkah kamu menjelaskan perbedaan kedua peristiwa tersebut? Peristiwa tersebut menggambarkan paku dapat ditarik dengan dua gaya yang berbeda. Pada dasarnya gaya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu gaya sentuh dan gaya tak sentuh.

a. Gaya sentuh adalah gaya yang bekerja pada benda dimana terjadi sentuhan langsung pada bendanya. Contoh gaya sentuh sebagai berikut.
   1) Gaya otot adalah gaya yang ditimbulkan oleh otot manusia atau hewan. Misalnya, penarik becak sedang menarik becaknya.
   2) Gaya pegas adalah gaya yang ditimbulkan oleh benda yang bersifat elastis. Misalnya, ketapel yang ditarik untuk melempar batu.
   3) Gaya gesekan adalah gaya yang ditimbulkan oleh adanya sentuhan langsung antara dua permukaan dua benda yang bergerak. Misalnya, sepeda motor yang melaju di jalan raya kemudian direm.

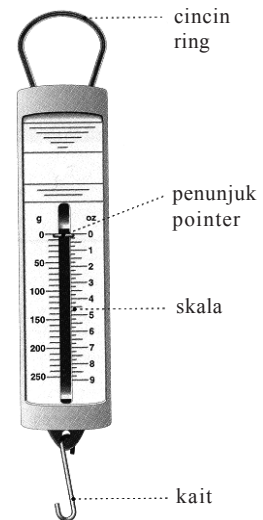
b. Gaya tak sentuh adalah gaya yang bekerja pada benda dan tidak terjadi sentuhan langsung dengan bendanya. Jenis gaya tak sentuh adalah sebagai berikut.
   1. Gaya magnet adalah gaya tarikan dari benda yang bersifat magnet.

2. Gaya listrik adalah gaya yang ditimbulkan oleh benda yang bermuatan listrik. Misalnya, kertas kecil akan tertarik oleh mistar yang digosokkan pada rambut yang kering.
3. Gaya gravitasi adalah gaya yang menyebabkan semua benda di bumi akan tertarik ke pusat bumi. Misalnya, buah kelapa yang jatuh dari tangkainya akan jatuh ke bawah menuju pusat bumi.

2. Mengukur Gaya

Masih ingatkah kamu pembahasan materi Pengukuran sewaktu di kelas VII? Pada dasarnya semua besaran fisika dapat diukur. Untuk mengukur besaran gaya dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung. Alat untuk mengukur gaya adalah neraca pegas. Neraca pegas juga disebut dinamometer. Skala neraca pegas tertera di badan neraca. Besar gaya yang diukur ditunjukkan oleh jarum pengarah tersebut.

Satuan gaya dalam SI adalah newton (N). Gaya 1 newton adalah gaya yang memberikan percepatan sebesar 1 ms^{-2} pada benda bermassa 1 kg. Adapun, satuan gaya dalam sistem cgs adalah dyne. Gaya 1 dyne adalah gaya yang memberikan percepatan 1 cms^{-2} pada benda bermasa 1 gram. Besar gaya 1 N sama dengan 100.000 dyne. Coba buktikan kebenarannya. Satuan gaya selain newton atau dyne, yaitu kgf dan gf. Dalam hal ini 1 kgf = 9,8 N dan 1 gf = 980 dyne.

Untuk lebih memahami cara mengukur gaya, coba kamu melakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Sumber: *Kamus Visual*, 2004

▲ Gambar 13.6 Neraca pegas

Kegiatan 13.2

Tujuan: Mengukur gaya dengan neraca pegas

Alat dan Bahan:
1. Balok kayu
2. Neraca pegas
3. Meja

Cara Kerja:
1. Letakkan balok kayu di atas meja.
2. Ambil neraca pegas, kemudian kaitkan pada balok kayu tersebut.
3. Tariklah balok kayu sehingga balok kayu hampir bergerak dan amati besar gaya tarik pada neraca pegas.

Pertanyaan:
Berapakah besar gaya tarik agar balok kayu dapat bergerak?

Latihan

1. Apakah pengertian gaya itu?
2. Sebutkan tiga akibat suatu benda yang diberi gaya!
3. Apakah perbedaan gaya sentuh dengan gaya tidak sentuh?

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
melukiskan penjumlahan gaya dan selisih gaya-gaya segaris baik yang searah maupun berlawanan.

B. RESULTAN GAYA

Tahukah kamu, apakah yang dimaksud resultan gaya? Untuk mengetahui jawabannya ikuti uraian berikut. Gaya merupakan besaran vektor karena mempunyai besar dan arah. Karena gaya merupakan besaran vektor sehingga gaya dituliskan dengan diagram vektor yang berupa anak panah berarah (Gambar 13.7).

▲ Gambar 13.7 Gaya dilukiskan dengan anak panah

Titik O merupakan titik pangkal garis berarah yang disebut titik tangkap gaya. Panjang OA merupakan nilai atau besar gaya. Arah anak panah merupakan arah gaya. Misalnya panjang OA 5 cm dan untuk 1 cm mewakili gaya 1 N, maka besar gaya OA adalah 5 N.

Dua buah gaya atau lebih yang bekerja pada benda dapat diganti oleh sebuah gaya yang besarnya sama dengan jumlah gaya-gaya tersebut yang dinamakan resultan gaya.

1. Dua Gaya yang Segaris dan Searah

Perhatikan Gambar 13.8

▶ Gambar 13.8 Gerobak yang ditarik dan didorong oleh dua orang anak

Gambar 13.8 menunjukkan sebuah gerobak yang ditarik dan didorong oleh dua orang anak. Arah tarikan dan dorongan masing-masing anak tersebut searah, yaitu ke kanan.

Karena gaya-gaya yang bekerja pada gerobak tersebut searah, maka hasil perpaduan kedua gaya tersebut merupakan jumlah kedua gaya itu.

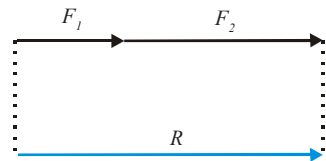
Resultan dari kedua gaya adalah sebagai berikut.

$$R = F_1 + F_2$$

Dengan:

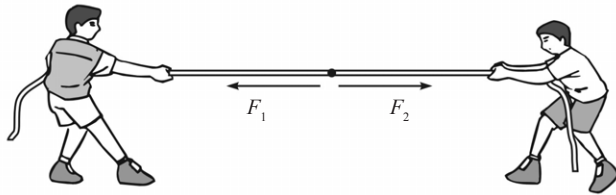
R = resultan gaya (N)

F_1 = gaya pertama (N)

F_2 = gaya kedua (N)

▲ Gambar 13.9 Resultan dua gaya yang searah

Untuk memahami resultan gaya segaris yang arahnya sama, coba, melakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya, bentuklah kelompok yang terdiri 4 siswa, 2 laki-laki dan 2 perempuan.

2. Dua Gaya Segaris dan Berlawanan Arah

Seringkah kamu memerhatikan lomba tarik tambang? Hampir setiap perayaan Kemerdekaan RI lomba itu terselenggara. Pada lomba tarik tambang terjadi dua gaya yang saling berlawanan. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 13.10 berikut.

▲ Gambar 13.10 Seutas tambang atau tali yang saling ditarik dua orang anak.

Arah tarikan tersebut saling berlawanan, yaitu ke kanan dan ke kiri. Karena gaya-gaya yang bekerja pada tambang atau tali saling berlawanan, maka hasil perpaduan kedua gaya tersebut merupakan selisih dari kedua gaya itu. Hasilnya adalah gaya yang besar dikurangi gaya yang kecil, atau dapat ditulis dalam bentuk persamaan

$R = F_1 - F_2$.

Resultan dua gaya yang segaris, searah ataupun berlawanan arah, dapat ditulis dalam bentuk persamaan

$R = F_1 + F_2$

Jika arah ke kanan dianggap bernilai positif, arah ke kiri bernilai negatif. Tahukah kamu apa artinya jika resultan dua gaya bernilai negatif?

Resultan dua gaya tidak selalu berasal dari gaya-gaya yang segaris. Ada juga resultan dari dua gaya yang saling tegak lurus, misalnya salah satu gaya ke arah utara sedangkan gaya yang satunya ke barat. Untuk mengetahui besar resultan kedua gaya tersebut dapat digunakan terorema Phytagoras. Bahkan dalam kehidupan sehari-hari, gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda dapat membentuk sembarang sudut. Bagaimanakah besar resultannya? Dapatkah kamu menjelaskannya?

Contoh

1. Doni dan Eko membantu mendorong mobil yang mogok di jalan. Doni mendorong dengan gaya 40 N dan Eko mendorong dengan gaya 50 N. Berapa resultan gaya yang dikeluarkan Doni dan Eko?

Penyelesaian:

Diketahui: $F_{Doni} = 40$ N

$F_{Eko} = 50$ N

Ditanyakan $R = ...?$

Jawab: $R = F_{Doni} + F_{Eko}$

$= 40 \text{ N} + 50 \text{ N} = 90 \text{ N}$

Jadi, resultan gaya yang dikeluarkan Doni dan Eko sebesar 90 N.

2. Pada kejuaraan tarik tambang putri, Eni menarik dengan gaya 30 N ke barat, sedangkan Tina menarik dengan gaya 50 N ke timur. Tentukan besar resultan gaya kedua anak tersebut dan arahnya.

Penyelesaian:

Diketahui: F_{Eni} = 30 N, arah barat

F_{Tina} = 50 N, arah timur

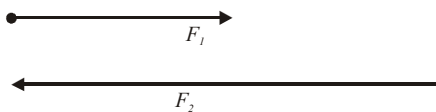
Ditanyakan: R = ... ?

Jawab: $R = F_{Tina} - F_{Eni}$

$= 50\text{ N} - 30\text{ N} = 20\text{ N}$ (searah Tina atau ke timur)

Jadi, resultan gaya kedua anak tersebut sebesar 20 N.

Latihan

1. Seandainya panjang 2 cm mewakili gaya 5 N, berapa sentimeterkah panjang gaya 50 N?
2. Gambarkan resultan gaya-gaya berikut.

a. $F_1 + F_2$
b. $F_3 + F_4$
c. $F_1 + F_3$

3. Pak guru mendorong mejanya dengan gaya sebesar 200 N. Di ujung meja yang lain, Tono dan Tini juga mendorong meja itu dengan gaya masing-masing 120 N dan 100 N. Ke arah manakah meja bergerak?

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- *membedakan besar gaya gesekan pada berbagai permukaan yang berbeda kekasarannya;*
- *menunjukkan contoh gaya gesekan yang menguntungkan dan gaya gesekan yang merugikan.*

C. GAYA GESEKAN

Pernahkah kamu kesulitan menggeser lemari? Bagaimanakah caramu agar lemari itu mudah digeser? Ketika kita mendorong sebuah lemari atau peti di lantai yang kasar akan lebih sulit dibandingkan di lantai yang licin. Kejadian tersebut selalu ada hubungannya dengan gaya gesekan. Seberapa pentingnya gaya gesekan itu bagi kehidupan kita? Untuk lebih jelasnya pelajarilah uraian berikut ini.

1. Pengertian Gaya Gesekan

Gaya gesekan adalah gaya yang timbul karena gesekan antardua permukaan benda yang saling bersentuhan. Gaya gesekan termasuk gaya sentuh karena gaya ini timbul oleh persentuhan langsung antara permukaan dua benda. Gaya gesekan terjadi pada benda di darat, di udara, maupun di air.

2. Macam-Macam Gaya Gesekan

Gaya gesekan dibedakan menjadi dua, yaitu gaya gesekan statis dan kinetis.

a. Gaya gesekan statis adalah gaya gesekan yang bekerja pada benda ketika benda masih dalam keadaan diam atau hampir bergerak. Gaya gesekan statis dilambangkan dengan f_s. Gaya gesekan statis nilainya dari nol sampai nilai maksimum (f_{smaks})

b. Gaya gesekan kinetis adalah gaya gesekan yang bekerja pada benda yang bergerak. Gaya gesekan kinetis dilambangkan dengan f_k. Gaya gesekan kinetis besarnya selalu tetap dan selalu lebih kecil dari gaya gesekan statis maksimum ($f_k < f_{maks}$).

Untuk lebih memahami besar gaya gesekan pada berbagai benda, coba kamu melakukan kegiatan berikut secara berlompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri atas 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

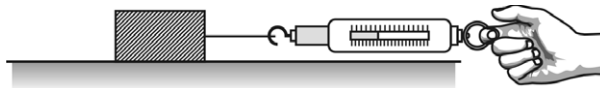
Kegiatan 13.3

Tujuan: Menyelidiki gaya gesekan pada permukaan yang berbeda.

Alat dan Bahan:

- Neraca pegas
- Balok kayu
- Kaca
- Meja

Cara Kerja:

1. Letakkan balok kayu pada kaca, kemudian tariklah balok tersebut dengan neraca pegas. Catatlah angka yang ditunjuk oleh neraca pegas saat balok tepat akan bergerak.
2. Ulangi langkah di atas tetapi balok diletakkan pada meja dan lantai.

3. Catatlah semua hasil pengukuranmu ke dalam tabel di buku kerjamu.

Pertanyaan:

1. Permukaan benda manakah yang menghasilkan gaya gesekan terkecil?
2. Permukaan benda manakah yang menghasilkan gaya gesekan terbesar?
3. Nyatakan kesimpulan kelompokmu dalam buku kerjamu.

3. Keuntungan dan Kerugian Adanya Gaya Gesekan

Gaya gesekan ada yang menguntungkan dan ada yang merugikan.

a. Keuntungan gaya gesekan, antara lain sebagai berikut.
   1) Kita dapat berjalan karena adanya gaya gesekan antara kaki dengan permukaan jalan.
   2) Ban mobil dibuat bergerigi agar tidak selip waktu mobil melaju tinggi.

b. Kerugian gaya gesekan, antara lain sebagai berikut.
   1) Gaya gesekan pada mesin dan kopling menyebabkan panas, sehingga mesin mobil cepat rusak karena aus.
      Cara mengatasinya mesin dan kopling dilumasi dengan oli agar tidak saling bergesekan secara langsung.
   2) Gaya gesekan antara engsel-engsel dengan jendela, sehingga timbul bunyi berderit ketika engsel digunakan.
      Cara mengatasinya, dengan memberi minyak secara perlahan-lahan, sehingga umur engsel menjadi lama dan tidak berbunyi lagi.

DISKUSI
(Akurasi Konsep)

Apakah berat benda dan luas permukaan benda memengaruhi besar gaya gesekan? Berikan penjelasanmu.

D. GAYA BERAT

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
membandingkan berat dan massa suatu benda;

Di dalam kehidupan sehari-hari sering terjadi salah penafsiran istilah berat dan massa. Misalnya, orang lebih sering menanyakan "Berapa kilogram berat badanmu?" daripada "Berapa kilogram massa badanmu?". Menurut ilmu pengetahuan alam pertanyaan yang betul, yaitu "Berapa kilogram massa badanmu?" Apakah sebenarnya perbedaan antara berat dan massa itu?

Berat adalah gaya gravitasi bumi yang bekerja pada suatu benda. Berat termasuk dalam salah satu bentuk gaya, sehingga sering disebut gaya berat. Gravitasi bumi menyebabkan setiap benda akan selalu jatuh ke bumi. Gravitasi bumi di berbagai tempat di permukaan bumi itu tidak sama, sehingga gaya berat bendapun tidak sama. Misalnya gravitasi di daerah kutub lebih besar dibandingkan di daerah khatulistiwa, sehingga berat benda di daerah kutub lebih besar dibandingkan berat benda di khatulistiwa. Hal ini disebabkan daerah kutub lebih dekat ke pusat bumi dibandingkan daerah khatulistiwa.

Massa adalah banyaknya materi yang terkandung pada suatu benda. Massa benda besarnya selalu sama di manapun benda berada. Untuk mengetahui lebih jelas mengenai perbedaan berat dan massa, perhatikan Tabel 13.1.

Tabel 13.1 Perbedaan Berat dan Massa

Berat	Massa
Simbol berat *w*	Simbol massa *m*
Berat adalah gaya gravitasi yang bekerja pada suatu benda	Massa adalah banyaknya materi yang terkandung pada suatu benda
Besarnya selalu berubah-ubah bergantung pada gravitasi/ketinggian tempat	Besarnya sama di manapun berada
Satuannya newton atau dyne	Satuannya kg atau g
Alat ukurnya neraca pegas	Alat ukurnya neraca
Termasuk besaran turunan dan vektor	Termasuk besaran pokok dan skalar

Hubungan antara berat dan massa adalah sebagai berikut.

$$w = m \cdot g$$

Dengan:

w = berat benda (N)
g = konstanta gravitasi (9,8 ms^{-2} dibulatkan menjadi 10 ms^{-2})
m = massa benda (kg)

Contoh

1. Sebuah benda mempunyai massa 5 kg dan percepatan gravitasi di tempat tersebut 10 ms^{-2}. Hitunglah berat benda tersebut.

Penyelesaian:

Diketahui: m = 5 kg
g = 10 ms^{-2}

Ditanyakan: w = ... ?

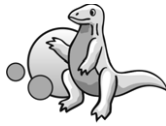
Jawab: $w = m \times g$
$= 5 \text{ kg} \times 10 \text{ ms}^{-2}$
$= 50 \text{ N}$

Jadi, berat benda tersebut adalah 49 N.

2. Di suatu tempat, sebuah benda mempunyai berat 12 N. Jika massa benda 1,2 kg, tentukan besar percepatan gravitasi di tempat tersebut.

Penyelesaian:

Diketahui: w = 12 N
m = 1,2 kg

Ditanyakan: g = ... ?

Jawab: $w = m\,g$

$$g = \frac{w}{m}$$

$$g = \frac{12 \text{ N}}{1{,}2 \text{ kg}} = 10 \text{ ms}^{-2}$$

Jadi, gravitasi di tempat tersebut adalah 10 ms^{-2}.

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- *mendemonstrasikan Hukum I Newton secara sederhana dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari;*
- *mendemonstrasikan Hukum II Newton secara sederhana dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari;*
- *mendemonstrasikan Hukum III Newton secara sederhana dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.*

E. HUKUM NEWTON

Salah seorang ilmuwan abad ke-17 yang terkenal sehubungan dengan gaya ialah Isaac Newton. Untuk mengenang jasanya maka namanya diabadikan sebagai satuan gaya, yaitu newton (N). Berkaitan dengan gaya, terdapat tiga Hukum Newton yang akan kita bahas. Ketiga hukum itu, yaitu Hukum I, Hukum II, dan Hukum III.

1. Hukum I Newton

Jika kamu naik bus yang melaju kencang, lalu tiba-tiba direm kamu akan terdorong ke depan. Pada kejadian itu, kita dapat menyimpulkan bahwa benda yang sedang bergerak cenderung untuk bergerak terus (sifat 1).

Letakkan selembar kertas di atas meja yang licin, kemudian letakkan sebuah silinder logam di atas kertas tersebut, tariklah kertas tersebut mendatar dengan cara menghentak. Ternyata silinder logam akan tetap diam di tempat. Dari kejadian itu, maka dapat disimpulkan bahwa benda dalam keadaan diam akan mempunyai kecenderungan untuk tetap diam (sifat 2).

Gabungan sifat 1 dan 2 merupakan penerapan Hukum pertama Newton yang berbunyi "*Benda akan diam atau bergerak lurus beraturan, jika resultan gaya yang bekerja pada benda itu sama dengan nol*". Tahukah kamu bahwa lembam dapat diartikan malas? Maksudnya malas untuk berubah dari keadaan sebelumnya. Itulah sebabnya Hukum I Newton dikenal sebagai hukum kelembaman.

Secara matematis, Hukum I Newton dirumuskan dengan

F = 0, benda dalam keadaan diam atau bergerak lurus beraturan (GLB)

2. Hukum II Newton

Kamu sudah mengetahui bahwa gaya dapat menyebabkan perubahan gerak benda; yang semula diam dapat menjadi bergerak atau gerak dipercepat, dan dari bergerak menjadi diam atau gerak diperlambat. Sehubungan dengan gerakan dan gaya, Hukum II Newton tentang gerak yang menyatakan "*Percepatan yang ditimbulkan oleh gaya yang bekerja pada sebuah benda berbanding lurus dengan besar gaya dan searah dengan gaya itu dan berbanding terbalik dengan massa kelembaman benda itu*".

Secara matematis, Hukum II Newton dirumuskan dengan

$$a = \frac{F}{m} \quad \text{atau} \quad F = m\ a$$

Dengan:

a = percepatan benda (ms^{-2})

F = besar gaya (N)

m = massa benda (kg)

Contoh

Sebuah mobil mainan bermassa 0,5 kg terletak pada lantai yang licin. Mobil itu dikenai gaya mendatar sebesar 2 N hingga bergerak. Berapakah percepatan mobil itu?

Penyelesaian:

Diketahui: $m = 0{,}5$ kg

$F = 2$ N

Ditanyakan: $a = ...$?

Jawab: $a = \frac{F}{m} = \frac{2\text{ N}}{0{,}5\text{ m}} = 4\ ms^{-2}$

Jadi, percepatan mobil mainan sebesar 4 ms^{-2}

3. Hukum III Newton

Seorang anak yang memakai papan roda (*skate board*). Perhatikan Gambar 13.11, mendorong sebuah tembok dengan tangannya. Ternyata, anak tersebut terdorong ke belakang. Hal itu terjadi karena gaya aksi yang berupa dorongan anak tersebut dilawan oleh gaya reaksi oleh tembok yang arahnya berlawanan.

▲ Gambar 13.11 Anak mendorong tembok

Keberadaan gaya aksi reaksi tersebut pertama kali diteliti oleh Isaac Newton. Newton merumuskan Hukum III Newton atau hukum aksi-reaksi yang berbunyi, "*Jika benda pertama mengerjakan gaya terhadap benda kedua, maka benda kedua juga akan mengerjakan gaya terhadap benda pertama yang besarnya sama, tetapi arahnya berlawanan*". Secara matematis, Hukum III Newton dirumuskan dengan

$$F_{aksi} = -F_{reaksi}$$

Tanda negatif menunjukkan kedua gaya berlawanan arah.

Untuk lebih memahami tentang Hukum III Newton, coba kamu melakukan kegiatan berikut dengan salah seorang temanmu.

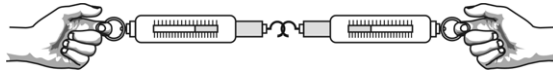
Kegiatan 13.4

Tujuan: Menyelidiki gaya aksi-reaksi.

Alat dan Bahan:

– Neraca pegas 2 buah

Cara Kerja:

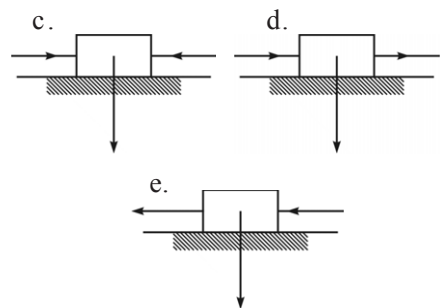
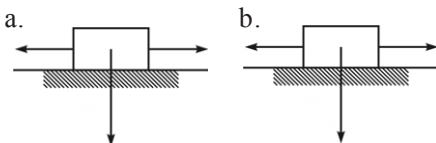
1. Suruhlah temanmu memegang sebuah neraca pegas.
2. Dengan menggunakan neraca pegas yang lain, tariklah neraca pegas yang di bawa temanmu tersebut.
3. Amati gaya tarikmu pada neraca pegas yang kamu pegang dan gaya tarik temanmu pada neraca pegas yang dia pegang.
4. Ulangi lagi kegiatan ini dengan gaya yang berbeda-beda.

Pertanyaan:

1. Apakah besar gaya tarikmu sama dengan besar gaya tarik temanmu?
2. Nyatakan kesimpulanmu dalam buku kerjamu.

Gaya aksi reaksi hanya bekerja pada benda yang berbeda. Misalnya pada dinding dan anak yang mendorong dindingnya. Agar lebih mudah memahami gaya aksi reaksi perhatikan tanganmu ketika mendorong ujung meja. Bentuk tanganmu akan berubah, bahkan mungkin terasa sakit. Hal itu bukti bahwa meja juga memberikan gaya ke tanganmu.

Hal yang sama juga terjadi pada saat kita berjalan, cara burung terbang, cara gurita meluncur, atau cara dorong mesin roket. Berdasar uraian terebut, jelaslah bahwa gaya tidak selalu berasal dari benda hidup.

Latihan

1. Berilah beberapa contoh peristiwa dalam keseharian yang menunjukkan kebenaran Hukum Newton.
2. Pada saat naik bus, ketika bus direm, maka penumpang dalam bus akan terdorong ke depan. Mengapa hal ini bisa terjadi? Berikan penjelasan.
3. Manakah gambar berikut yang menunjukkan benda bergerak dengan percepatan paling besar.

4. Mengapa pada saat kaki terantuk batu, kaki kita terasa sakit? Berikan penjelasan.

1. Gaya adalah sesuatu yang berupa tarikan atau dorongan, sehingga dapat mengakibatkan perubahan posisi benda dan atau bentuk benda.
2. Gaya sentuh adalah gaya yang bekerja pada benda dan terjadi sentuhan langsung dengan bendanya. Jenis gaya sentuh, yaitu gaya otot, gaya pegas, dan gaya gesekan.
3. Gaya tak sentuh adalah gaya yang bekerja pada benda dan tidak terjadi sentuhan langsung dengan bendanya. Jenis gaya tak sentuh, yaitu gaya magnet, gaya listrik, dan gaya gravitasi.
4. Resultan gaya adalah perpaduan dari dua gaya atau lebih. Resultan dua gaya segaris dan searah adalah

   $R = F_1 + F_2$

   Resultan dua gaya segaris dan berlawanan arah arah

   $R = F_1 - F_2$
5. Gaya gesekan adalah gaya yang timbul karena gesekan antara dua permukaan benda yang saling bersentuhan. Gaya gesekan terjadi pada benda di darat, di udara, maupun di air.
6. Besar gaya gesekan dipengaruhi oleh kasar atau halusnya permukaan. Makin kasar permukaan, makin besar gaya gesekannya, sebaliknya makin halus permukaan, makin kecil gaya gesekannya.
7. Gaya gesekan statis adalah gaya gesekan yang bekerja pada benda ketika benda masih dalam keadaan diam atau hampir bergerak.
8. Gaya gesekan kinetis adalah gaya gesekan yang bekerja pada benda yang bergerak.
9. Gaya berat atau berat benda adalah gaya gravitasi bumi yang bekerja pada benda. Gravitasi bumi menyebabkan setiap benda akan selalu jatuh ke bumi, gravitasi di setiap tempat tidak sama tergantung ketinggian tempat.
10. Berat benda dirumuskan dengan $w = m \times g$
11. Hukum I Newton disebut hukum kelembaman, yang dirumuskan dengan

    $F = 0$

    Hukum II Newton dirumuskan dengan $a = \frac{F}{m}$

    Hukum III Newton disebut hukum aksi reaksi yang dirumuskan dengan:

    $F_{aksi} = - F_{reaksi}$

Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Menggambar gaya dan resultan gaya.
2. Gaya gesekan.
3. Berat.
4. Hukum Newton dan penerapannya.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan kepada gurumu. Setelah paham, maka pelajarilah bab selanjutnya.

Glosarium

dinamometer : alat untuk mengukur gaya.

gesekan statis : gesekan pada benda ketika benda masih dalam keadaan diam atau hampir bergerak.

gesekan kinetik : gesekan pada benda yang sudah bergerak.

gravitasi : tarik-menarik antara semua massa di dalam alam semesta.

kelembaman : mempertahankan keadaan.

resultan : perpaduan/yang dihasilkan.

skalar : besaran yang hanya mempunyai besar/nilai saja.

vektor : besaran yang mempunyai besar/nilai dan arah.

Uji Kompetensi

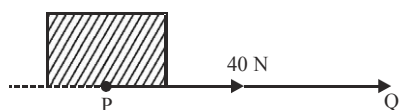
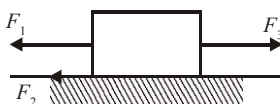
Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Gaya untuk mengayuh sepeda, mendorong meja, dan mengangkat batu adalah gaya ....
   a. pegas
   b. listrik
   c. magnet
   d. otot
2. Kertas-kertas kecil dapat tertarik oleh sisir yang telah digosokkan pada rambut kering, karena pada sisir terdapat gaya ....
   a. magnet
   b. otot
   c. listrik
   d. pegas

3. Berikut ini yang *bukan* gaya tak sentuh adalah ….
   a. gaya magnet c. gaya listrik
   b. gaya pegas d. gaya gravitasi
4. Perubahan-perubahan yang ditimbulkan oleh gaya dapat mengakibatkan ....
   1) Benda berpindah
   2) Kecepatan bertambah
   3) Massa berubah
   4) Perubahan bentuk dan ukuran

   Pernyataan yang benar tentang pengaruh gaya ditunjukkan oleh nomor ….
   a. 1, 2, dan 3 c. 1, 2, dan 4
   b. 2, 3, dan 4 d. 1, 3, dan 4
5. Perhatikan gambar berikut ini.

   Resultan gaya-gaya tersebut adalah ….
   a. 5 ke kanan c. 19 ke kanan
   b. 5 ke kiri d. 21 ke kiri
6.

   Pernyataan yang benar pada gambar di atas adalah ….
   a. titik P bergerak dengan kecepatan 40 N arah ke Q
   b. pada titik P bekerja gaya 40 N arah ke Q
   c. pada titik P bekerja kecepatan 40 N arah ke Q
   d. pada titik P bekerja percepatan 40 N arah ke Q
7. Resultan dua buah gaya segaris dan berlawanan arah adalah ….
   a. jumlah kedua gaya tersebut
   b. selisih kedua gaya tersebut
   c. sama dengan gaya sebelah kanan
   d. sama dengan gaya sebelah kiri
8. Amir bermain tarik tambang dengan Aan. Jika Amir memberikan gaya 140 N dan Aan memberikan gaya 200 N, besar resultan gaya kedua anak tersebut adalah ….
   a. 60 ke kanan c. 340 ke kanan
   b. 60 ke kiri d. 340 ke kiri
9. Besar resultan gaya pada gambar berikut adalah ....

   a. $F_2 - F_1 + F_3$ c. $F_1 + F_3 - F_2$
   b. $F_1 + F_2 - F_3$ d. $F_1 + F_2 + F_3$
10. Dua gaya dinyatakan seimbang jika ….
    a. besarnya sama dan searah
    b. besarnya sama dan berlawanan arah
    c. besarnya tidak sama dan searah
    d. besarnya tidak sama dan berlawanan arah
11. Jika resultan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol, maka benda akan ….
    a. berpindah posisi
    b. diam atau bergerak lurus beraturan
    c. bergerak lurus dipercepat beraturan
    d. bergerak lurus diperlambat beraturan
12. Kejadian yang berhubungan dengan Hukum I Newton adalah ….
    a. sebuah mobil berhenti karena direm
    b. badan kita akan terdorong ke depan saat mobil direm
    c. kelapa jatuh dari tangkai pohonnya
    d. kaki kita sakit saat terantuk batu
13. Gaya gesekan pada benda saat akan bergerak disebut ….
    a. gaya gesekan statis
    b. gaya gesekan kinetis
    c. gaya gesekan dinamis
    d. gaya gesekan elastis

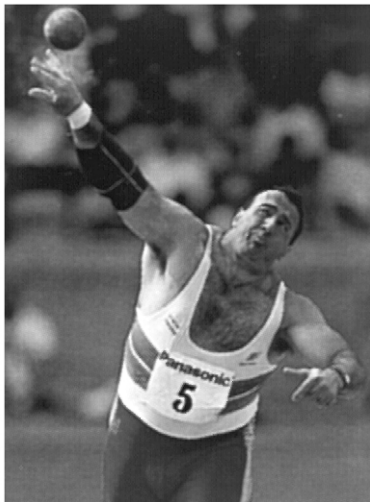
14. Berikut ini yang *bukan* kerugian dari gaya gesekan adalah ….
    a. gaya gesekan mobil dengan udara menyebabkan kecepatan mobil tidak bisa maksimal
    b. ban mobil cepat aus karena gesekan ban mobil dengan jalan
    c. untuk memperlambat gerak sepeda motor maka dipakai rem cakram
    d. gaya gesekan mesin dan kopling menyebabkan panas, sehingga mesin cepat rusak karena aus

15. Ketika di bumi massa astronot 66 kg. Jika percepatan gravitasi bulan 1/6 percepatan gravitasi bumi (g = 10 ms^{-2}), maka berat astronot pada waktu di bulan adalah ….
    a. 20 N　　c. 94 N
    b. 72 N　　d. 110 N

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Apakah yang dimaksud gaya sentuh dan gaya tak sentuh. Berilah contohnya.
2. Bagaimana pengaruh dua buah gaya yang seimbang jika bekerja pada benda?
3. Jika pada benda bekerja dua buah gaya segaris dan berlawanan arah, bagaimana mencari resultannya. Buktikan dengan gambar dan jelaskan.
4. Empat buah gaya bekerja pada sebuah benda. Jika F_1 = 20 N, F_2 = 40 N, F_3 = 60 N dan F_4 = 70 N, tentukan resultannya jika F_1, F_3, dan F_4 searah dengan F_2 yang berlawanan arah.
5. Berikan tiga contoh peristiwa yang merupakan pasangan gaya aksi-reaksi.
6. Bagaimana pengaruh tingkat kekasaran permukaan terhadap besar gaya gesekan. Jelaskan.
7. Anto naik sepeda dengan kecepatan 21,6 km/jam. Dari belakang, Agus mendorong sepeda Anto sehingga dalam selang waktu 4 sekon kecepatannya menjadi 28,8 km/jam. Jika massa Anto dan sepedanya 60 kg, hitunglah:
   a. percepatan yang timbul,
   b. gaya dorong Agus.
8. Sebutkan contoh gaya gesekan yang menguntungkan dan yang merugikan dalam kehidupan sehari-hari.
9. Apakah perbedaan berat dan massa suatu benda?
10. Berat benda di bumi 720 N. Berapakah berat benda tersebut di bulan, jika percepatan gravitasi bulan 1/6 percepatan gravitasi bumi? (g = 10 ms^{-2}).

Bab 14

ENERGI DAN USAHA

Sumber: *Ensiklopedi Iptek*, 2004

Atlet tolak peluru melakukan usaha pada bola besi, sehingga memberinya sejumlah energi kinetik. Atlet yang keluar sebagai pemenang ialah yang mampu melempar peluru paling jauh. Artinya, dia mempunyai daya kekuatan melebihi atlet lainnya.

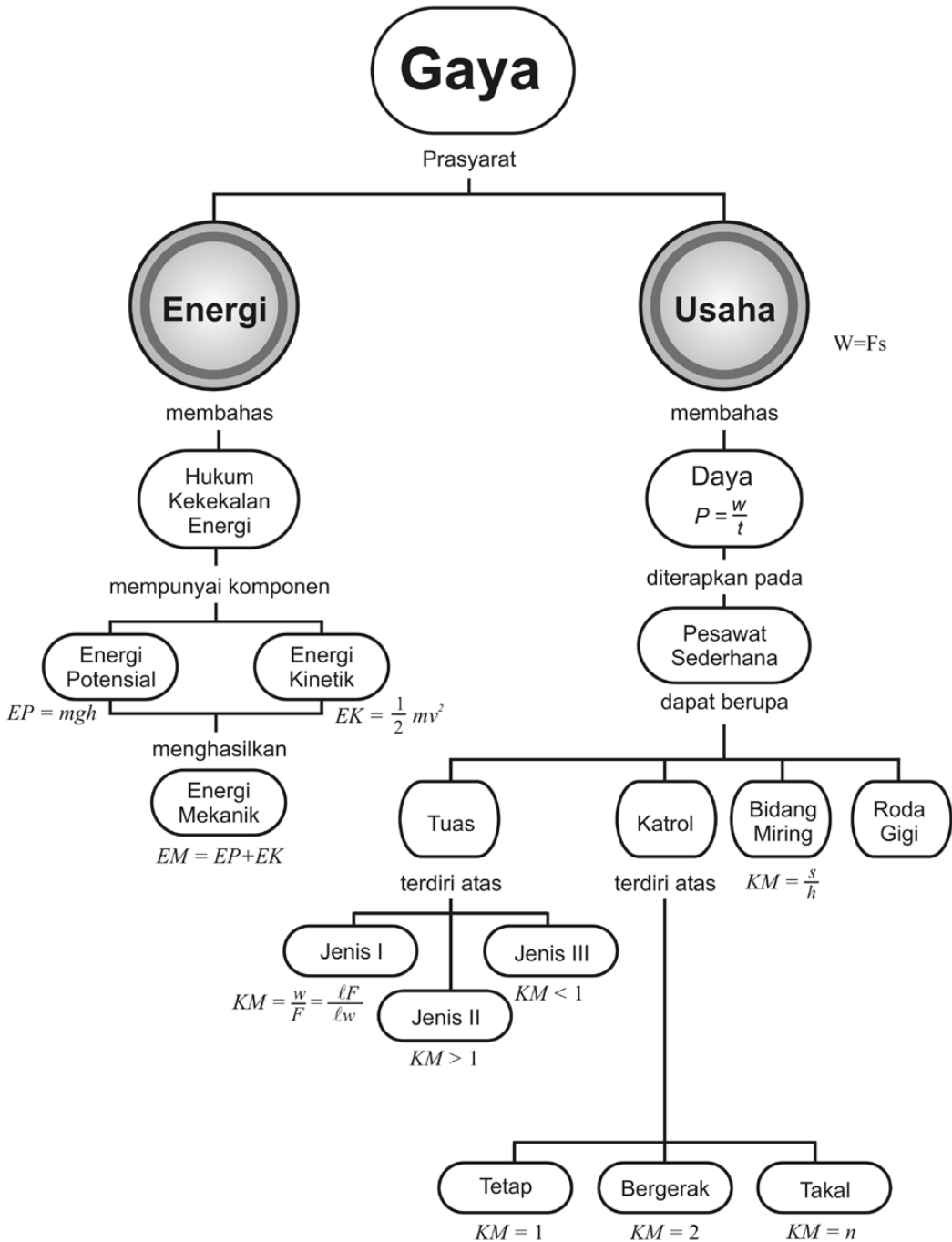
Fenomena usaha yang dilakukan atlet itu akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan energi maupun perubahan bentuknya, usaha, daya, dan pesawat sederhana.

❖ Pretest ❖

1. Apakah pengertian energi?
2. Sebutkan bentuk-bentuk perubahan energi.
3. Apakah pengertian energi kinetik dan energi potensial itu?
4. Apakah yang dimaksud daya?
5. Sebutkan jenis-jenis pesawat sederhana.

❖ Kata-Kata Kunci ❖

- daya
- energi kinetik
- energi mekanik
- energi potensial
- hukum kekekalan energi
- keuntungan mekanis
- pesawat sederhana
- usaha

Gaya
Prasyarat
Energi
Usaha
W=Fs
membahas
membahas
Hukum Kekekalan Energi
Daya
$P = \frac{w}{t}$
mempunyai komponen
diterapkan pada
Energi Potensial
Energi Kinetik
Pesawat Sederhana
$EP = mgh$
$EK = \frac{1}{2} mv^2$
dapat berupa
menghasilkan
Energi Mekanik
$EM = EP+EK$
Tuas
Katrol
Bidang Miring
Roda Gigi
terdiri atas
terdiri atas
$KM = \frac{s}{h}$
Jenis I
Jenis III
$KM = \frac{w}{F} = \frac{\ell F}{\ell w}$
$KM < 1$
Jenis II
$KM > 1$
Tetap
Bergerak
Takal
$KM = 1$
$KM = 2$
$KM = n$

Pernahkah kamu mendorong mobil mogok? Apakah yang kamu rasakan setelah mendorong mobil itu? Tentunya kamu akan merasa lelah. Untuk mendorong mobil lagi, kamu sudah tidak mampu karena kehabisan energi. Untuk itu, kamu harus menambah energi, misalnya dengan makan dan minum, serta istirahat.

Sesaat setelah makan dan minum serta istirahat kamu akan merasa bertenaga kembali. Energi dari bahan makanan itu berbentuk energi kimia. Energi kimia berubah menjadi energi otot. Proses mendorong meja berarti kamu melakukan usaha. Jadi, terdapat hubungan yang erat antara energi dan usaha.

A. ENERGI DAN PERUBAHANNYA

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *menunjukkan bentuk-bentuk energi dan contohnya dalam kehidupan sehari-hari;*
- *mengaplikasikan konsep energi dan perubahannya dalam kehidupan sehari-hari.*

Setiap hari kita melakukan kegiatan, misalnya berjalan, berlari, mengangkat, mendorong, menarik, dan lain-lain. Kegiatan-kegiatan itu dikenal dengan istilah kerja atau usaha. Setiap kerja memerlukan energi. Makin besar usaha yang dilakukan makin besar energi yang diperlukan. Jadi, energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Jika suatu benda mempunyai energi, maka benda tersebut mampu melakukan usaha.

Dalam satuan internasional (SI) besar energi satuannya adalah joule (J). Satuan energi yang lain adalah kalori. Hubungan antara joule dan kalori mempunyai kesetaraan sebagai berikut.

1 joule = 0,24 kalori
1 kalori = 4,2 joule

Di alam ini tersedia berbagai bentuk energi yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan hidup manusia. Energi tersebut mungkin juga diubah dari energi satu ke bentuk energi yang lain.

DISKUSI (Mencari Informasi)

Kamu sudah mengetahui bahwa gaya dapat menggerakkan benda. Kamu juga sudah mengetahui bahwa energi dapat membuat kita bergerak atau bekerja. Berdasarkan pernyataan tersebut, diskusikan apakah gaya dapat dikatakan sebagai energi.

1. Bentuk-Bentuk Energi

Pada pembahasan awal telah diuraikan tentang energi kimia yang terdapat dalam makanan. Selain energi kimia, masih ada energi yang lain, di antaranya sebagai berikut.

a. *Energi Listrik*

Dapatkah televisi menyala tanpa adanya energi listrik? Televisi dan barang-barang elektronik lainnya tidak akan dapat digunakan tanpa adanya energi listrik. Energi listrik ditimbulkan oleh muatan listrik yang bergerak. Sumber energi listrik, misalnya baterai, generator, dan aki.

Sumber: *Ensiklopedi Iptek*, 2004

▲ Gambar 14.1 Televisi dapat digunakan karena adanya energi listrik

b. *Energi Bunyi*

Energi bunyi dihasilkan oleh benda-benda yang bergetar. Misalnya ketika kamu memukul genderang, tentunya genderang akan berbunyi. Dengan sampainya bunyi ditelingamu berarti ada energi bunyi.

Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

▲ Gambar 14.2 Lampu meng-hasilkan energi cahaya

Sumber: *Dok. Penerbit*

▲ Gambar 14.3 Shock breaker membuat nyaman pengendara sepeda motor

Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*, 2005

▲ Gambar 14.4 Ledakan bom atom menghasilkan energi yang besar

Radar Sains

Sumber energi di alam ada yang dapat diperba-rui. Misalnya gelombang laut, angin, air terjun, panas bumi, panas mata-hari, hewan, dan tumbuh-an dan sifatnya tidak sekali pakai. Ada juga yang tidak dapat diperba-rui misalnya barang-barang tambang dan sifatnya sekali pakai.

c. ***Energi Cahaya***

Apakah yang kamu amati waktu menyalakan lampu? Tentu saja lampu akan menyala. Pada waktu lampu menyala, ruangan di sekitar lampu tersebut juga menjadi terang. Ruangan tersebut menjadi terang karena adanya energi cahaya yang dihasilkan oleh gelombang elektromagnet. Energi cahaya yang lain, misal-nya nyala api dan cahaya matahari.

d. ***Energi Panas (Kalor)***

Pada waktu kamu mendidihkan air dalam panci, tutup panci akan bergerak-gerak. Hal ini karena dorongan energi panas dari air yang mendidih. Energi panas ini timbul karena gerakan-gerakan partikel penyusun benda. Ada banyak contoh energi panas yang lain, misalnya gergaji menjadi panas waktu diguna-kan, dan lain-lain.

e. ***Energi Pegas***

Energi pegas adalah energi yang terdapat pada pegas. Misalnya pada shock breaker sepeda motor. Shock breaker berfungsi untuk meredam guncangan, sehingga pengendara menjadi nya-man.

f. ***Energi Nuklir***

Energi nuklir adalah energi yang terkandung dalam inti atom. Energi itu timbul karena adanya pembelahan atau penggabungan inti atom. Pada proses pembelahan atau penggabungan inti atom disertai timbulnya energi yang besar.

2. Perubahan Bentuk Energi

Di alam ini, tidak ada satu makhlukpun yang mampu men-ciptakan energi. Satu-satunya pencipta energi hanya Tuhan Yang Maha Pencipta. Energi ciptaan Tuhan itu bersifat kekal, artinya energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan. Energi hanya dapat berubah bentuknya. Pernyataan itu disebut Hukum Ke-kekalan Energi.

Sudah diketahui bahwa energi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk energi yang lain. Perubahan bentuk tersebut untuk meme-nuhi kebutuhan hidup manusia.

Beberapa perubahan bentuk energi, antara lain sebagai berikut.

a. Energi listrik menjadi energi cahaya
   Contoh: Lampu pijar dan lampu TL.
b. Energi listrik menjadi energi gerak
   Contoh: Kipas angin dan motor listrik pada tape
c. Energi listrik menjadi energi panas (kalor)
   Contoh: Setrika listrik dan rice cooker

d. Energi gerak menjadi energi listrik
   Contoh: Generator dan dinamo sepeda
e. Energi gerak menjadi energi panas (kalor)
   Contoh: Gergaji pada saat dipakai
f. Energi kimia menjadi energi gerak
   Contoh: Motor bakar pada sepeda motor
g. Energi kimia menjadi energi kalor
   Contoh: Manusia makan untuk memperoleh tenaga
h. Energi cahaya menjadi energi kimia
   Contoh: Proses pemotretan hingga menjadi foto

DISKUSI (Kebenaran Hukum)

Energi bersifat kekal. Samakah kekekalan energi dengan kekekalan Tuhan Yang Maha Esa?

Latihan

1. Sebutkan contoh sumber energi cahaya yang ada di sekitarmu.
2. Mengapa saat ini energi listrik menjadi sangat penting bagi manusia?
3. Sebuah radio dioperasikan menggunakan empat baterai. Perubahan energi apa sajakah pada peristiwa tersebut?

B. KEKEKALAN ENERGI MEKANIK

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *membedakan konsep energi kinetik dan energi potensial pada suatu benda yang bergerak;*
- *menunjukkan konsep kekekalan energi.*

Perubahan energi mekanik berkaitan dengan hukum kekekalan energi. Energi mekanik terdiri atas energi potensial dan energi kinetik. Apakah yang dimaksud energi potensial dan apa pula yang dimaksud energi kinetik? Untuk menjawabnya, ikutilah uraian berikut ini.

1. Energi Potensial

Buah mangga yang jatuh dari tangkai pohonnya akan membekas pada tanah yang lembek. Tanah itu membekas karena mangga mempunyai energi untuk melakukan usaha atau kerja terhadap tanah tersebut. Kelapa mempunyai energi karena letaknya terhadap tanah. Makin tinggi letaknya, makin besar energi yang dipunyai kelapa.

Pada dasarnya yang menyebabkan kelapa jatuh adalah adanya gaya gravitasi bumi. Gaya itu bersifat menarik semua benda yang ada di sekitar permukaan bumi. Hal itulah yang menyebabkan kita tidak terlempar meskipun bumi bergerak cepat ketika berotasi.

Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*, 2005

▲ Gambar 14.5 Mangga pada tangkai pohon mempunyai energi potensial gravitasi

Jadi, energi potensial adalah energi yang dimiliki benda karena letak atau kedudukannya. Dengan kata lain, energi potensial dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi.

Besar energi potensial dirumuskan sebagai berikut.

$$EP = m \cdot g \cdot h$$

Dengan:

EP = energi potensial (joule atau J)

m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi (ms^{-2})

h = ketinggian benda dari tanah (m)

2. Energi Kinetik

Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*, 2005

▲ Gambar 14.6 Mobil yang bergerak mempunyai energi gerak/energi kinetik

Mobil yang melaju di jalan raya mempunyai kecepatan. Jika kecepatan tidak dikontrol, akan menyebabkan kecelakaan. Pada saat terjadi kecelakaan mungkin badan mobil hancur dan menyebabkan cidera pada pengendaranya. Mengapa mobil bisa hancur? Karena mobil yang bergerak dengan kecepatan tinggi mempunyai energi gerak. Makin tinggi kecepatannya, makin besar energi geraknya.

Jadi, *energi kinetik* adalah energi yang dimiliki oleh sebuah benda karena geraknya.

Besar energi kinetik dirumuskan sebagai berikut.

$$EK = \frac{1}{2} m\, v^2$$

Dengan: EK = energi kinetik (joule atau J)

m = massa benda (kg)

v = kecepatan benda (ms^{-2})

3. Hukum Kekekalan Energi Mekanik

▲ Gambar 14.7 Benda yang jatuh dari ketinggian tertentu

Untuk mempermudah pembahasan Hukum Kekekalan Energi Mekanik, kita cermati sebuah benda yang jatuh dari suatu ketinggian tertentu. Perhatikan Gambar 14.7.

Berdasarkan Gambar 14.7, ketika posisi di A, benda hanya mempunyai energi potensial (EP_A) dan $EK_A = 0$. Posisi di B, benda mempunyai energi potensial (EP_B) yang lebih kecil daripada EP_A dan energi kinetik (EK_B) yang lebih besar daripada EK_A. Ketika posisi di C, benda hanya mempunyai energi kinetik (EK_C) dan $EP = 0$.

Pada benda yang jatuh dari ketinggian tertentu selalu terjadi perubahan bentuk energi. Pada ketinggian tertentu benda mempunyai energi potensial (EP), sedangkan energi kinetiknya (EK) nol.

Saat bergerak jatuh, energi potensial berkurang digantikan dengan energi kinetik, dan makin dekat dengan tanah pengurangan energi potensialnya makin besar, sedangkan energi kinetiknya makin besar. Setelah hampir mendekati permukaan tanah, energi potensialnya tidak ada hanya tinggal energi kinetik yang nilainya sebesar energi potensial pada benda sebelum jatuh.

Jumlah energi potensial (*EP*) dan energi kinetik (*EK*) disebut energi mekanik. Jumlah energi mekanik pada suatu benda tetap di manapun berada asalkan tidak ada gaya dari luar yang memengaruhinya. Pernyataan ini disebut *hukum kekekalan energi mekanik*. Hukum kekekalan energi secara matematis dirumuskan:

$$EM = EP + EK = \text{konstan}$$

$$EP_A + EK_A = EP_B + EK_B = EP_C + EK_C$$

Contoh

1. Sebuah nangka tergantung di pohon pada ketinggian 10 m dari permukaan tanah. Massa nangka 2 kg dan percepatan gravitasi bumi 10 ms^{-2}. Hitunglah energi potensial yang dimiliki nangka tersebut.

Penyelesaian:

Diketahui: $m = 2$ kg
$g = 10$ ms^{-2}
$h = 10$ m

Ditanyakan: $EP = ...?$

Jawab: $EP = m\,g\,h$
$= 2 \text{ kg} \times 10 \text{ ms}^{-2} \times 10 \text{ m} = 200$ joule

Jadi, energi potensial yang dimiliki nangka adalah 200 joule.

2. Sebuah mobil massanya 0,6 ton bergerak dengan kecepatan 72 km/jam. Berapa besar energi kinetik yang dimiliki mobil tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui: $m = 0{,}6$ ton $= 600$ kg
$v = 72$ km/jam $= 20$ ms^{-1}

Ditanyakan: $EK = ...?$

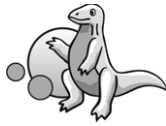
Jawab: $EK = \frac{1}{2}\, m\, v^2$
$= \frac{1}{2} \times 600 \text{ kg} \times (20 \text{ ms}^{-1})^2 = 120.000$ joule

Jadi, energi kinetik yang dimiliki mobil adalah 120.000 joule.

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
menunjukkan hubungan energi dan usaha.

Sumber: *Dok. Penerbit*

▲ Gambar 14.8 Tukang becak menggunakan gaya otot untuk melakukan usaha mengayuh becak

C. USAHA

Pernahkah kamu memerhatikan tukang becak yang berusaha mengayuh becaknya sekuat tenaga? Kira-kira seberapa jauhkah tukang becak itu mampu mengayuh becaknya? Ketika tukang becak mengayuh becaknya, becak berpindah dari posisi semula. Gaya untuk mengayuh becak tersebut adalah gaya otot sehingga dapat dikatakan tukang becak melakukan usaha.

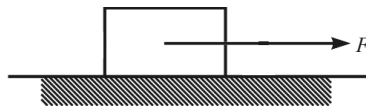
Apabila gaya otot untuk mengayuh tadi F sehingga becak berpindah (s), maka besarnya usaha adalah hasil gaya (F) dengan jarak perpindahan (s). Secara matematis usaha dapat dirumuskan:

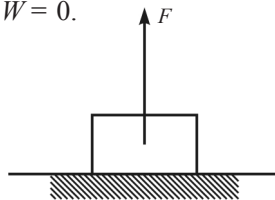
$$W = F\,s$$

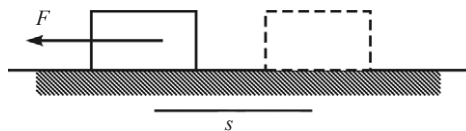
Dengan: W = usaha (J)
F = gaya (N)
s = perpindahan (m)

Ketika tukang becak terus-menerus mengayuh becaknya, maka lama-kelamaan akan merasa lelah. Rasa lelah ini terjadi karena waktu melakukan usaha untuk mengayuh becak terjadi perubahan energi, yaitu energi kimia menjadi energi gerak.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menghitung besarnya usaha, yaitu seperti berikut.

1. Jika gaya searah dengan arah perpindahan, besarnya usaha $W = F\,s$.

▲ Gambar 14.9

2. Jika gaya tegak lurus dengan arah perpindahan, besarnya usaha: $W = 0$.

▲ Gambar 14.10

3. Jika gaya berlawanan dengan arah perpindah-an, maka besarnya usaha $W = -F\,s$.

▲ Gambar 14.11

Contoh

Tentukan besar usaha oleh gaya 20 N yang menyebabkan perpindahan benda sejauh 4 m, jika gaya:

a. searah perpindahan,
b. berlawanan arah dengan perpindahan.

Penyelesaian:

Diketahui: $F = 20$ N

$s = 4$ m

Ditanyakan: a. W jika F searah s

b. W jika F berlawanan arah dengan s

Jawab:

a. $W = F\,s$

$= 20 \text{ N} \times 4 \text{ m}$

$= 80$ J

b. $W = -F\,s$

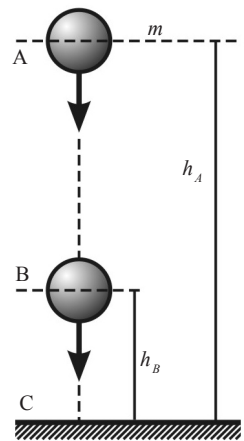
$= -20 \text{ N} \times 4 \text{ m}$

$= -80$ J

Kamu sudah mengetahui bahwa usaha merupakan perkalian antara gaya dan jarak. Perkalian kedua besaran itu menghasilkan satuan joule, yang tidak lain adalah satuan energi. Adakah hubungan antara usaha dan energi? Untuk menjawabnya perhatikan uraian berikut.

Gambar 14.12. menunjukkan sebuah benda bermassa m jatuh dari suatu ketinggian h. Perhatikan kedudukan benda saat berada di titik A dan B. Antara titik A dan B benda melakukan usaha sebesar:

$$W = Fs; \text{ di mana } F = mg \text{ dan } s = h_A - h_B$$
$$= mg\,(h_A - h_B)$$
$$= mgh_A - mgh_B$$
$$W = EP_A - EP_B$$

Berdasarkan persamaan terakhir dapat dinyatakan bahwa usaha merupakan perubahan energi potensial benda, sederhana bukan?

▲ Gambar 14.12

Latihan

1. Mengapa mangga yang jatuh dari tangkai pohon setelah mengenai badan, kita merasa sakit? Jelaskan.
2. Mengapa sebutir peluru yang ditembakkan ke papan kayu menyebabkan papan kayu berlubang? Jelaskan.
3. Jelaskan perbedaan antara energi kinetik dan energi potensial.
4. Seorang lifter mampu mengangkat barbel 120 kg. Berapakah usaha lifter tersebut?
5. Sebuah meja digeser seorang siswa dengan gaya sebesar 155 N. Antara kaki-kaki meja dengan permukaan lantai terjadi gaya gesekan sebesar 5 N. Jika meja bergeser sejauh 2 m, tentukan usaha dilakukan siswa pada meja.

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- *menunjukkan hubungan antara daya, kecepatan, dan usaha;*
- *menunjukkan penerapan daya dalam kehidupan sehari-hari.*

D. DAYA

Dalam kehidupan sehari-hari makin cepat manusia atau alat-alat untuk melakukan usaha sering dikatakan kemampuan manusia atau alat-alat tersebut tinggi. Kecepatan melakukan usaha disebut *daya*. Jadi, daya adalah usaha per satuan waktu. Dengan kata lain, daya merupakan kecepatan melakukan suatu usaha.

Secara matematis daya dirumuskan:

$$P = \frac{W}{t}$$

Dengan: P = daya (joule/s)
W = usaha (joule atau J)
t = waktu (s)

Selain mempunyai satuan joule per detik (Js^{-1}), daya juga dapat dinyatakan dengan satuan watt (W) atau daya kuda (HP = horse power). Satuan watt biasanya dikenakan untuk peralatan listrik. Adapun daya kuda dikenakan untuk mesin, misalnya mobil. Di kelas IX, kamu akan mempelajari daya lebih dalam, khususnya yang berhubungan dengan energi listrik.

Contoh

1. Sebuah pesawat melakukan usaha 9 kJ selama 0,5 jam. Hitunglah daya pesawat tersebut.

Penyelesaian:

Diketahui: W = 9 kJ = 9.000 J
t = 0,5 jam = 1.800 s

Ditanyakan: P = ... ?

Jawab: $P = \frac{W}{t}$

$= \frac{9.000\ \text{J}}{1.800\ \text{s}} = 5\ Js^{-1}$

Jadi, daya pesawat tersebut adalah 5 Js^{-1}.

2. Sebuah gaya sebesar 120 N dapat memindahkan benda sejauh 5 m memerlukan waktu 1 menit. Hitunglah besar dayanya.

Penyelesaian:

Diketahui: F = 120 N
s = 5 m
t = 1 menit = 60 s

Ditanyakan: P = ... ?

Jawab: $P = \frac{W}{t}$

$= \frac{Fs}{t}$

$= \frac{120\,\text{N} \times 5\,\text{m}}{60\,\text{s}} = \frac{600\,\text{J}}{60\,\text{s}} = 10\ \text{Js}^{-1}$

Jadi, besarnya daya adalah 10 Js^{-1}.

Latihan

1. Mengapa lampu 100 watt waktu dipakai lebih terang daripada lampu 20 watt? Coba jelaskan.
2. Sebuah produsen sepeda motor menyatakan mampu memproduksi sepeda motor dengan kekuatan atau daya 16,5 tenaga kuda. Berapakah energi yang dikeluarkan sepeda motor itu tiap detiknya?

E. PESAWAT SEDERHANA

Tujuan Pembelajaran

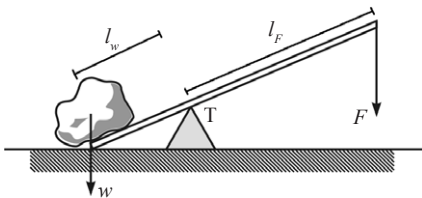
Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- *menunjukkan kegunaan beberapa pesawat sederhana dalam kehidupan sehari-hari;*
- *menyelesaikan masalah secara kuantitatif sederhana berhubungan dengan pesawat sederhana.*

Tidak semua kegiatan atau pekerjaan dapat dilakukan manusia dengan kekuatan sendiri, tetapi manusia memerlukan alat bantu untuk mempermudah melakukannya. Alat bantu untuk mempermudah kegiatan atau pekerjaan disebut pesawat sederhana.

Secara garis besar pesawat sederhana dibagi menjadi empat, yaitu tuas (pengungkit), katrol, bidang miring, dan roda gigi (gir).

1. Tuas (Pengungkit)

Tuas (pengungkit) adalah pesawat sederhana yang bentuknya menyerupai batang. Untuk lebih memahami tuas (pengungkit) perhatikan Gambar 14.13.

▲ Gambar 14.13 Bagian-bagian tuas (pengungkit)

Keterangan:
- w = gaya beban
- F = gaya kuasa
- T = titik tumpu
- l_w = jarak antara titik tumpu dan titik beban (lengan beban)
- l_F = jarak antara titik tumpu dan titik kuasa (lengan kuasa)

Radar Sains

Pesawat sederhana hanya memudahkan melakukan usaha dan tidak mengurangi besar usaha yang dilakukan.

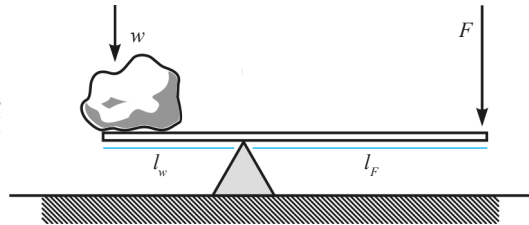
Tuas (pengungkit) dikelompokkan menjadi tiga, yaitu tuas jenis I, tuas jenis II, dan tuas jenis III.

a. ***Tuas (pengungkit) jenis I***

Tuas (pengungkit) jenis 1 adalah tuas (pengungkit) yang titik tumpunya berada di antara titik beban dan titik kuasa.

Secara umum pada tuas (pengungkit) berlaku hubungan:

$$F\ l_F = w\ l_w \quad \text{atau} \quad \frac{w}{F} = \frac{l_F}{l_w}$$

Gambar 14.14 Bagan tuas (pengungkit) jenis I

Dengan menggunakan tuas, kita memiliki keuntungan mekanis. Keuntungan mekanis adalah perbandingan antara beban dengan kuasa atau antara lengan kuasa dengan lengan beban.

Keuntungan mekanis pada tuas pengungkit sebagai berikut.

Jika $KM = 1$, berarti tuas (pengungkit) tidak menguntungkan dan tidak merugikan.

Jika $KM < 1$, berarti tuas (pengungkit) merugikan.

Jika $KM > 1$, berarti tuas (pengungkit) menguntungkan.

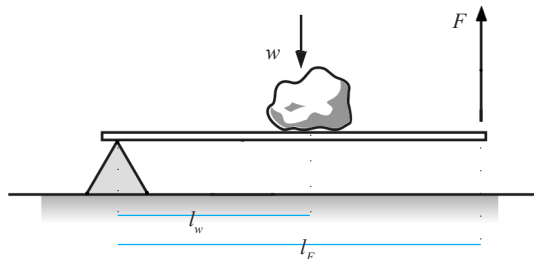
Alat-alat yang bekerjanya berdasarkan prinsip tuas (pengungkit) jenis I, antara lain:

- gunting,
- jungkat-jungkit,
- timbangan dacin,
- pemikul beban,
- pemotong kuku,
- kakatua pencabut kuku,
- sumur pompa.

b. ***Tuas (pengungkit) jenis II***

Tuas (pengungkit) jenis II adalah tuas (pengungkit) yang bebannya berada di antara titik tumpu dan kuasa.

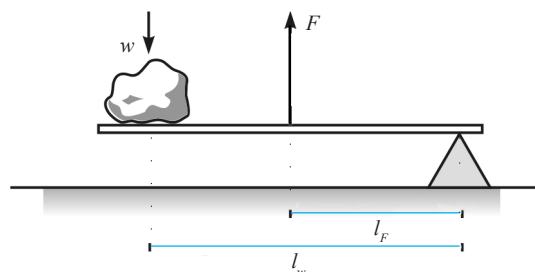
Pada tuas (pengungkit) jenis II, keuntungan mekanis lebih besar daripada tuas (pengungkit) jenis I atau $KM > 1$.

Gambar 14.15 Bagan tuas (pengungkit) jenis II

Alat-alat yang bekerjanya berdasarkan prinsip tuas (pengungkit) jenis II, antara lain:

- pembuka tutup botol,
- pemecah kemiri,
- gerobag beroda satu.

c. ***Tuas (pengungkit) jenis III***

Tuas (pengungkit) jenis III adalah tuas (pengungkit) yang kuasanya berada di antara titik tumpu dan beban.

Pada tuas (pengungkit) jenis III, keuntungan mekanis lebih kecil daripada tuas (pengungkit) jenis I atau $KM < 1$.

Gambar 14.16 Bagan tuas (pengungkit) jenis III

Alat-alat yang bekerjanya berdasarkan prinsip tuas (pengungkit) jenis III antara lain:

- penjepit roti,
- pinset,
- sekop,
- mesin pengeruk sungai,

Contoh

Untuk memindahkan batu 1.000 N digunakan tuas dari kayu. Batu ditempatkan 0,25 m dari titik tumpu dan kuasa berada 2 m dari titik tumpu.

Tentukan:

a. besar kuasanya,

b. keuntungan mekanis dan sifat dari penggunaan tuas (pengungkit) ini.

Penyelesaiannya:

Diketahui: w = 1.000 N l_F = 2 m

l_w = 0,25 m

Ditanyakan: a. F = ... ?

b. KM = ... ?

Jawab:

a. $F\ l_F = w\ l_w$

$$F = \frac{w\ l_w}{l_F}$$

$$F = \frac{1.000\ \text{N} \times 0{,}25\ \text{m}}{2\ \text{m}} = 125\ \text{N}$$

Jadi, besar kuasanya adalah 125 N

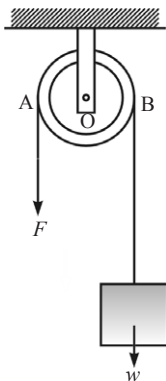
b. $KM = \frac{w}{F}$

$= \frac{1.000 \text{ N}}{12,5 \text{ N}} = 8$

Jadi, keuntungan mekanis 8 dan sifat tuas yang digunakan menguntungkan.

2. Katrol

Katrol adalah pesawat sederhana yang berupa suatu roda yang dapat berputar pada porosnya. Pemakaian katrol biasanya dilengkapi dengan tali atau mata rantai. Katrol mampu memudahkan mengangkat beban karena arah tarikan menjadi ke bawah. Pada katrol berlaku juga prinsip tuas (pengungkit).

Katrol dibedakan menjadi dua, yaitu katrol tetap dan katrol bergerak.

a. *Katrol tetap*

▲ Gambar 14.17 Bagan katrol tetap

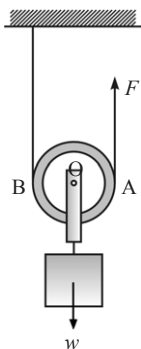
Katrol tetap adalah katrol yang penempatannya tetap di suatu tempat

Keterangan: OA = lengan kuasa (l_F)
OB = lengan beban (l_w)

Untuk mengangkat beban seberat *w*, maka kita harus menarik tali dengan gaya *F*. Gaya berat *w* besarnya sama dengan besar gaya tarik (*F*).

$$w = F$$

Katrol tetap hanya mengubah arah gaya kuasa, sehingga keuntungan yang diperoleh saat menggunakan hanya untuk memudahkan mengangkat benda. Keuntungan mekanis katrol ini, yaitu:

$$KM = \frac{w}{F} = 1$$

b. *Katrol bergerak*

▲ Gambar 14.18 Bagan katrol bergerak
OB = lengan beban (l_w)
AB = lengan kuasa (l_w)

Katrol bergerak adalah katrol yang bergerak jika sedang digunakan. Pada pemakaian katrol bergerak, beban yang akan diangkat digantungkan pada katrol, apabila dirumuskan adalah sebagai berikut.

$$F\, l_F = w\, l_w$$

$$F = 2l_B = w\, l_w$$

$$\frac{w}{F} = 2$$

Keuntungan mekanis (KM) dengan menggunakan katrol bergerak, yaitu $\frac{w}{F} = 2$.

Gambar 14.18 Bagan katrol kombinasi

c. ***Katrol kombinasi***

Katrol kombinasi adalah gabungan beberapa katrol tetap dan katrol bergerak. Katrol kombinasi sering disebut takal.

Dalam sebuah sistem katrol ganda terdiri atas n buah katrol, maka keuntungan mekanisnya dapat dicari dengan cara menghitung banyaknya gaya yang bekerja.

$KM = n =$ banyaknya katrol yang digabung

Contoh

Beban sebesar 200 N akan dinaikkan ke sebuah tempat setinggi 4 m.

Tentukan besar gaya tarik dan usahanya, jika memakai:

a. katrol tetap,
b. katrol bergerak,
c. katrol kombinasi yang terdiri atas 5 katrol.

Penyelesaian:

Diketahui: $w = 200$ N

$h = 4$ m

Ditanyakan: F dan usaha jika memakai:
a. katrol tetap,
b. katrol bergerak,
c. katrol kombinasi.

Jawab:

a. Jika $KM = 1$, maka $F = w = 200$ N

Usaha $= w\,h$
$= 200 \text{ N} \times 4 \text{ m}$
$= 800$ joule

b. $KM = 2$, maka $KM = \frac{w}{F}$

$$2 = \frac{w}{F}, \; F = \frac{1}{2} w$$

$$= \frac{1}{2} \times 200 \text{ N}$$

$$F = 100 \text{ N}$$

Usaha $= w\,h$
$= 200 \text{ N} \times 4 \text{ m}$
$= 800$ joule

c. Jika $KM = 5$, maka $KM = \frac{w}{F}$

$$5 = \frac{w}{F}, \quad F = \frac{1}{5}w$$

$$= \frac{1}{5} \times 200 \text{ N}$$

$$F = 40 \text{ N}$$

Usaha $= w\,h$

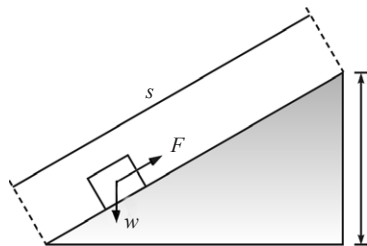
$= 200 \text{ N} \times 4 \text{ m}$

$= 800 \text{ J}$

3. Bidang Miring

Bidang miring adalah pesawat sederhana yang bentuknya papan permukaan datar yang dimiringkan.

Keuntungan mekanis bidang miring, yaitu:

$$KM = \frac{w}{F} = \frac{s}{h}$$

▲ Gambar 14.19 Bagan bidang miring

Dalam keseharian, prinsip bidang miring dapat kamu temukan pada uliran sekrup, resleting, dan jalan di pegunungan.

4. Roda Gigi (Gir)

Sumber: *Ensiklopedi Iptek*, 2004

▲ Gambar 14.20 Gir pada sepeda menyebabkan sepeda bergerak

Roda gigi (gir) sering dipakai pada sepeda dan sepeda motor. Adanya putaran roda gigi (gir), menyebabkan sepeda dan sepeda motor dapat bergerak. Roda gigi (gir) kecil akan menghasilkan gaya yang kecil, tetapi kuasa yang dihasilkan besar. Pada akhirnya, akan didapatkan putaran yang lebih cepat. Roda gigi (gir) jenis ini lebih nyaman dipakai di jalan mendatar agar lebih cepat bergerak.

Roda gigi (gir) besar akan menghasilkan gaya yang besar, tetapi kuasa yang dihasilkan kecil. Pada akhirnya didapatkan putaran yang lebih lambat. Roda gigi (kecil) dipakai pada jalan mendatar agar lebih cepat bergerak, sedangkan roda gigi (besar) dipakai pada jalan menanjak karena lebih mudah dikayuh.

Pada sepeda motor, gir depan, dan gir belakang dihubungkan dengan rantai. Gir depan diputar oleh mesin. Putaran gir depan memutar gir belakang, sehingga roda belakang dapat berputar. Pada akhirnya sepeda motor dapat berputar.

Contoh

Seorang pekerja mengangkat balok kayu dengan menggunakan bidang miring pada suatu tempat yang tingginya 2 m. Berat balok kayu 200 N dan gaya untuk mengangkatnya sebesar 100 N. Tentukan:

a. keuntungan mekanis,
b. panjang bidang miring.

Penyelesaian:

Diketahui: h = 2 m; w = 200 N; F = 100 N

Ditanyakan: a. KM = ... ?; b. s = ... ?

Jawab: a. $KM = \frac{w}{F} = \frac{200\,\text{N}}{100\,\text{N}} = 2$

Jadi, keuntungan mekanisnya adalah 2.

b. $KM = \frac{s}{h}$, maka $2 = \frac{s}{2} \Rightarrow s = 4$ m

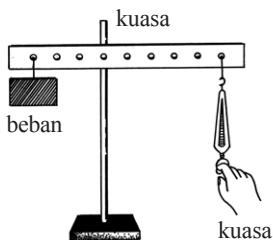
Jadi, panjang bidang miring 4 m.

Untuk lebih memahami penggunaan pesawat sederhana, coba kamu lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 14.1

Tujuan: Memahami kegunaan pesawat sederhana

Alat dan Bahan

1. Beban
2. Neraca pegas
3. Statif
4. Mistar berlobang
5. Papan luncur

Cara Kerja

1. Rangkailah beban, mistar, dan neraca pada statif seperti pada gambar.
2. Catatlah gaya yang terbaca pada neraca saat kedudukan setimbang di buku kerjamu.
3. Pindahkan titik kuasa mendekati atau menjauhi beban.
4. Catatlah gaya yang terbaca pada neraca saat kedudukan setimbang di buku kerjamu.

Pertanyaan

1. Apakah perbedaan letak titik kuasa terhadap beban?
2. Bagaimanakah hubungan antara beban, lengan beban, kuasa, dan lengan kuasa?
3. Nyatakan kesimpulan kelompokmu dalam buku kerjamu.

Latihan

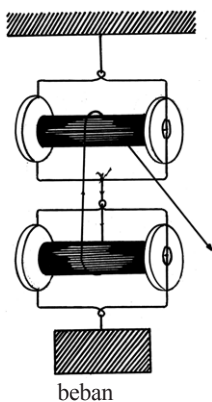
1. Apakah persamaan antara tuas jenis I dan katrol tetap?
2. Mengangkat air menggunakan timba (katrol tetap) dibanding mengangkat air secara langsung memerlukan gaya kuasa sama besar. Mengapa orang cenderung lebih suka menggunakan timba?
3. Seorang siswa akan menggeser sebuah batu besar. Siswa tersebut akan menggunakan bambu sepenjang 1,5 meter sebagai tuas. Bagaimana caranya agar batu makin terasa lebih ringan?
4. Dua anak bermain jungkat-jungkit. Anak yang gemuk (50 kg) duduk 1 meter dari penumpu. Di manakah anak yang lebih kurus (40 kg) harus duduk agar jungkat-jungkit tetap seimbang?

Rangkuman

1. Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja.
2. Bentuk-bentuk energi, antara lain energi listrik, energi bunyi, energi cahaya, energi panas (kalor), energi pegas, dan energi nuklir. Energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk lain, misalnya energi listrik menjadi energi cahaya, contoh pada lampu pijar.
3. Energi mekanik terdiri atas energi potensial dan energi kinetik. Energi potensial adalah energi yang dimiliki benda karena letak atau kedudukannya, dirumuskan: $EP = m\ g\ h$. Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena geraknya, dirumuskan
   $$EK = \frac{1}{2}mv^2$$
4. Usaha adalah hasil kali gaya (F) dengan perpindahan (s), dirumuskan
   $$W = F\ s$$
5. Daya adalah usaha per satuan waktu. Daya disebut juga kecepatan melakukan usaha, dirumuskan
   $$P = \frac{W}{t}$$
6. Pesawat sederhana adalah alat bantu untuk mempermudah kegiatan atau pekerjaan. Pesawat sederhana terdiri atas tuas (pengungkit), katrol, bidang miring, dan roda gigi (gir).
7. Tuas (pengungkit) adalah pesawat sederhana yang bentuknya menyerupai batang.

8. Katrol adalah pesawat sederhana yang berupa suatu roda yang dapat berputar pada porosnya.
9. Bidang miring adalah pesawat sederhana yang berbentuk papan dengan permukaan datar yang dimiringkan.
10. Roda gigi termasuk pesawat sederhana yang dipakai, antara lain pada sepeda dan sepeda motor.

Tugas Proyek

(Penumbuhan Inovatif/Kreativitas)

Rancanglah sebuah model katrol kombinasi seperti gambar di samping. Peralatan yang kamu perlukan, yaitu dua kelos benang, kawat, tali, dan beban. Kamu dapat melakukan variasi dengan menambah kelos benang. Presentasikan model katrol hasil rancanganmu di depan kelas.

Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Perubahan bentuk-bentuk energi.
2. Hukum kekekalan energi.
3. Hubungan usaha dan energi.
4. Daya
5. Prinsip pesawat sederhana

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajarilah bab selanjutnya.

Glosarium

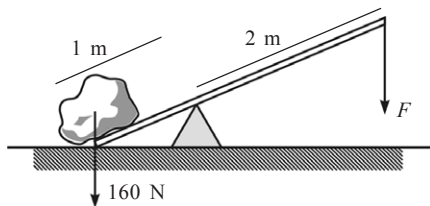
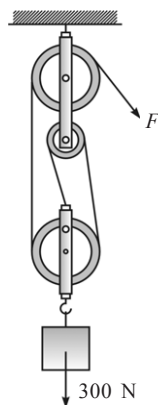
gravitasi	:	gaya tarik-menarik antara semua massa di dalam alam semesta.
horse power	:	daya kuda.
keuntungan mekanis	:	perbandingan antara gaya beban dan gaya kuasa.
kinetik	:	berhubungan dengan gerak.
shock breacker	:	bagian kendaraan yang berfungsi untuk menahan getaran.

Uji Kompetensi

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Pada lampu TL yang menyala terjadi perubahan energi listrik menjadi energi ....
   a. cahaya
   b. kimia
   c. pegas
   d. bunyi
2. Air terjun dari ketinggian tertentu mempunyai energi ....
   a. kinetik
   b. potensial
   c. listrik
   d. bunyi
3. Kemampuan untuk melakukan kerja disebut ....
   a. usaha
   b. daya
   c. energi
   d. prestasi
4. Jumlah keseluruhan energi jika energi mengalami perubahan bentuk adalah ....
   a. bertambah
   b. berkurang
   c. berubah-ubah
   d. tetap
5. Pernyataan yang benar tentang energi adalah ....
   a. energi merupakan zat karena mempunyai massa dan ruang
   b. energi tidak dapat berpindah
   c. energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan
   d. dalam SI energi mempunyai satuan newton
6. Sebuah benda massanya 4 kg bergerak dengan kecepatan 4 ms^{-1}. Besar energi kinetiknya adalah ....
   a. 16 joule
   b. 32 joule
   c. 80 joule
   d. 160 joule
7. Sebuah pepaya jatuh dari ketinggian 5 m dari permukaan tanah. Jika massa pepaya 2 kg dan g = 10 ms^{-2}, maka besar energi potensial yang dimiliki pepaya adalah ....
   a. 42 joule
   b. 64 joule
   c. 100 joule
   d. 120 joule
8. Energi mekanik terdiri atas energi ....
   a. pegas dan magnet
   b. listrik dan magnet
   c. potensial dan kinetik
   d. kimia dan kinetik

9. Apel yang jatuh ke tanah, energi potensialnya berubah menjadi energi kinetik. Setelah sampai di tanah energinya ….
   a. berubah menjadi energi kimia dan panas
   b. menjadi energi bunyi
   c. tetap
   d. hilang
10. Ledakan bom atom akan menghasilkan energi ….
   a. panas c. magnet
   b. kimia d. nuklir
11. Sebuah benda ditarik dua buah gaya yang searah masing-masing 10 N dan 20 N. Jika benda berpindah 4 m, maka besar usaha yang dilakukan adalah ….
   a. 40 joule c. 120 joule
   b. 80 joule d. 220 joule
12. Sebuah bola tenis dilempar vertikal ke atas. Energi kinetik bola tersebut akan nol pada saat kedudukannya ....
   a. hampir mendekati permukaan tanah
   b. mencapai titik tertinggi
   c. bergerak ke atas
   d. bergerak ke bawah
13. Jalanan di pegunungan dibuat berkelok-kelok-kelok. Hal itu merupakan penerapan ....
   a. bidang miring c. tuas jenis II
   b. tuas jenis I d. tuas jenis III
14. Berikut ini yang *bukan* termasuk dalam pesawat sederhana adalah ….
   a. motor listrik c. bidang miring
   b. katrol d. tuas
15. Keuntungan mekanis tuas adalah ….
   a. kuasa × beban
   b. kuasa + beban
   c. kuasa : beban
   d. beban : kuasa
16. Berikut ini yang *bukan* alat berdasarkan prinsip tuas jenis I adalah ….
   a. jungkat-jungkit
   b. sumur pompa
   c. pemecah kemiri
   d. pemotong kuku
17. Gerak sendi pada siku lengan berdasarkan ....
   a. katrol c. tuas jenis III
   b. tuas jenis II d. bidang miring
18.

   Besarnya kuasa F adalah ….
   a. 10 newton c. 60 newton
   b. 20 newton d. 80 newton
19. Jalanan di pegunungan dibuat berkelok-kelok dengan tujuan ….
   a. mengurangi jarak lintasan sehingga gaya lebih kecil
   b. mengurangi jarak lintasan sehingga gaya lebih kecil
   c. menambah jarak lintasan sehingga gaya lebih kecil
   d. menambah jarak lintasan sehingga gaya lebih besar
20.

   Besar gaya yang diperlukan untuk menarik beban adalah ….
   a. 20 N
   b. 80 N
   c. 100 N
   d. 120 N

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sebutkan perubahan energi pada lampu yang menyala saat dihubungkan dengan baterai.
2. Kelapa jatuh dari ketinggian 15 m. Massa kelapa 2 kg dan g = 10 ms^{-2}. Hitunglah besarnya energi potensial yang dimiliki kelapa pada ketinggian tersebut.
3. Dua buah gaya F_1 dan F_2 masing-masing besarnya 40 N dan 20 N. Jika benda berpindah 5 m, maka tentukan besarnya usaha, apabila dua gaya.
   a. searah,
   b. berlawanan arah.
4. Batu 200 N dipindahkan dengan menggunakan tuas, jika batu ditempatkan 0,5 m dari titik tumpu dan kuasa berada 2 m dari titik tumpu, tentukan:
   a. gaya kuasa,
   b. keuntungan mekanis tuas sifat, dan
   c. sifat penggunaan tuas.
5. Sebuah bidang miring panjangnya 4 m digunakan untuk menaikkan peti seberat 1.000 N. Tinggi bidang miring 2 m. Hitunglah gaya untuk mengangkat peti tersebut.

Bab 15

TEKANAN

Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*, 2005

Pada kedalaman seribu meter di bawah permukaan laut, pakaian selam khusus melindungi penyelam dari gencetan tekanan air yang besarnya seratus kali tekanan atmosfer.

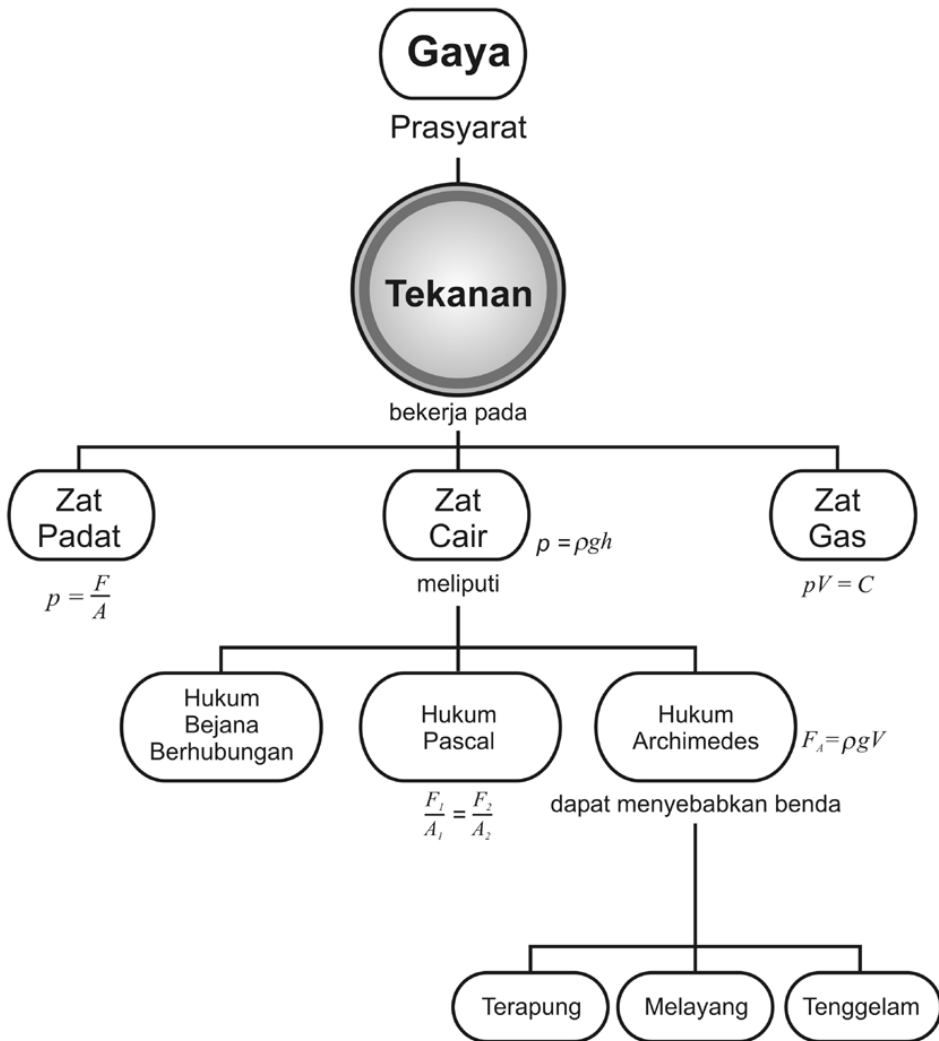
Fenomena tekanan di kedalaman air akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan tekanan di suatu bidang, tekanan air, dan tekanan udara serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

❖ Pretest ❖

1. Sebutkan faktor-faktor yang dapat memperbesar tekanan yang bekerja pada suatu bidang?
2. Bagaimana arah tekanan zat cair dalam ruang (wadah) tertutup?
3. Apakah yang menyebabkan zat padat dapat terapung, melayang, dan atau tenggelam dalam zat cair?
4. Bagaimanakah perbedaan tekanan udara pada suatu tempat yang berbeda ketinggiannya?

❖ Kata-Kata Kunci ❖

– alat hidrolik
– bejana berhubungan
– hukum Archimedes
– hukum Pascal
– tekanan hidrostatis

Gaya
Prasyarat
Tekanan
bekerja pada
Zat Padat
$p = \frac{F}{A}$
Zat Cair
$p = \rho g h$
meliputi
Zat Gas
$pV = C$
Hukum Bejana Berhubungan
Hukum Pascal
$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$
Hukum Archimedes
$F_A = \rho g V$
dapat menyebabkan benda
Terapung
Melayang
Tenggelam

Pernahkah kamu memerhatikan ayam dan itik yang sedang berjalan di atas tanah becek? Coba amati bekas telapak kaki ayam dan telapak kaki itik di atas tanah yang becek tersebut. Adakah perubahan bekas kaki tersebut? Pernahkah kamu memotong sayuran dengan menggunakan pisau? Lebih mudah menggunakan pisau tajam atau pisau tumpul? Untuk mengetahui lebih lanjut, pelajarilah uraian berikut ini.

A. TEKANAN PADA ZAT PADAT

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat: *menemukan hubungan antara gaya, tekanan, dan luas daerah yang dikenai gaya.*

Ketika ayam dan itik bersama-sama berjalan di tanah yang becek bekas telapak kaki ayam lebih dalam dibandingkan bekas telapak kaki itik. Hal ini disebabkan luas bidang singgung kaki ayam lebih kecil dibandingkan luas bidang singgung kaki itik. Akibatnya, tekanan oleh kaki ayam lebih besar dibandingkan tekanan oleh kaki itik.

Pada waktu memotong sayuran dengan menggunakan pisau tajam lebih mudah dibandingkan menggunakan pisau tumpul. Hal ini disebabkan luas bidang tekan pisau tajam lebih kecil dibandingkan luas bidang tekan pisau tumpul. Akibatnya, pisau tajam akan memberikan tekanan yang lebih besar dibandingkan tekanan yang diberikan oleh pisau tumpul sehingga pisau tajam lebih mudah untuk memotong sayuran.

Tekanan adalah besar gaya yang bekerja pada benda tiap satuan luas bidang. Besar tekanan dapat ditulis dalam bentuk rumus berikut.

$$p = \frac{F}{A}$$

Dengan: p = tekanan (Nm^{-2})
F = gaya tekan (N)
A = luas bidang permukaan (m^2)

Satuan tekanan Nm^{-2} dapat juga dinyatakan dalam satuan pascal (Pa). Satuan ini untuk mengenal salah satu ilmuwan yang mempelajari tekanan, yaitu Blaise Pascal.

Contoh

Sebuah balok massanya 20 kg dengan luas bidang bawahnya 4 m^2 ditempatkan pada sebuah meja. Hitunglah besar tekanan balok pada meja apabila g = 9,8 ms^{-2}.

Penyelesaian:

Diketahui: m = 20 kg; A = 4 m^2

Ditanyakan: p = ... ?

Jawab: $p = \frac{F}{A} = \frac{196\ N}{4\ m^2} = 49\ Nm^{-2}$

F = 20 kg × 9,8 ms^{-2} = 196 N

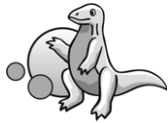
Jadi, besar tekanan balok pada meja adalah 49 Nm^{-2}.

DISKUSI

Coba jelaskan mengapa paku pines yang ditekan dengan ibu jari dapat menancap pada triplek?

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- *mengaplikasikan prinsip bejana berhubungan dalam kehidupan sehari-hari;*
- *mendeskripsikan hukum Archimedes melalui percobaan sederhana serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari;*
- *menunjukkan beberapa produk teknologi dalam kehidupan sehari-hari sehubungan dengan konsep benda terapung, melayang, dan tenggelam;*
- *mengaplikasikan konsep tekanan benda cair pada peristiwa alam yang relevan dalam penyelesaian masalah sehari-hari.*

B. TEKANAN PADA ZAT CAIR

Adakah sumur timba di rumahmu? Ketika menimba air, kita akan merasakan bahwa ember terasa lebih ringan saat berada di dalam air. Tahukah kamu apa yang menyebabkan hal demikian? Untuk mengetahuinya ikutilah uraian berikut.

Sama seperti timba di dalam air, ketika berenang di dalam air, badan kita terasa terdorong ke atas. Berarti air memberikan gaya ke atas pada tubuh kita. Gaya itu bersifat melawan berat benda di dalam air. Itulah yang menyebabkan benda di dalam air terasa lebih ringan. Karena gaya tersebut bekerja pada suatu bidang maka benda itu dapat dikatakan mengalami tekanan dan air. Dengan kata lain air, atau zat cair, mampu memberikan tekanan.

Tekanan pada zat cair atau tekanan hidrostatis, besarnya bergantung pada kedalaman atau ketinggian dari permukaan zat cair, massa jenis, dan percepatan gravitasi. Secara matematis tekanan hidrostatis dirumuskan:

$$p_h = \rho \cdot g \cdot h$$

Dengan:

p_h = tekanan hidrostatis (Nm^{-2} atau Pa)
ρ = massa jenis zat cair (kgm^{-3})
g = percepatan gravitasi (ms^{-2})
h = kedalaman atau ketinggian dari permukaan zat cair (m)

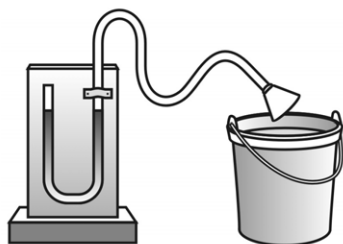
Rumus di atas mempunyai arti bahwa makin ke dalam dari permukaan zat cair, tekanannya makin besar. Itulah sebabnya bagian dasar pada bendungan atau tanggul air lebih tebal daripada bagian atasnya.

Untuk menyelidiki besar tekanan dalam zat cair, coba kamu melakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 15.1

Tujuan: Menyelidiki tekanan dalam zat cair

Alat dan Bahan:

- Pesawat Hartl
- Ember
- Air

Cara Kerja:

1. Siapkan pesawat Hartl, aturlah agar permukaan zat cair dalam pipa U seimbang.
2. Masukkan corong berselaput ke dalam ember yang telah berisi air. Amatilah selisih ketinggian (h) pada pipa U, lihat gambar di samping.
3. Putarlah corong berselaput tersebut ke segala arah. Amatilah selisih ketinggian pada pipa U.
4. Lakukan lagi dengan memasukkan corong tersebut ke dalam air dalam ember dengan kedalaman yang lebih dalam. Amatilah selisih ketinggian pada pipa U.
5. Nyatakan kesimpulan kelompokmu dalam buku kerjamu.

 Contoh

Sebuah bak berisi air dengan ketinggian 2 m, jika massa jenis air 1.000 kgm^{-3} dan percepatan gravitasi 9,8 ms^{-2}. Tentukan besarnya tekanan hidrostatis pada dasar bak.

Penyelesaian:

Diketahui: ρ_{air} = 1.000 kgm^{-3}

g = 9,8 ms^{-2}

h = 2 m

Ditanyakan: p_h = ... ?

Jawab: $p_h = \rho_{air}\, g\, h$

= 1.000 kgm^{-3} × 9,8 ms^{-2} × 2 m

= 19.600 Nm^{-2}

Jadi, besar tekanan hidrostatis adalah 19.600 Nm^{-2}.

1. Hukum Bejana Berhubungan

Pernahkah kamu memerhatikan permukaan air yang diam? Apapun dan bagaimanapun bentuk wadahnya, permukaan air yang diam akan selalu mendatar. Jika sejumlah air dimasukkan ke dalam suatu bejana berhubungan, permukaan air di setiap bejana akan selalu mendatar. Perhatikan Gambar 15.1.

▲ Gambar 15.1 Bejana berhubungan diisi

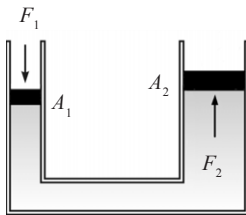
Sebelum konsep tekanan hidrostatis dipahami, orang beranggapan bahwa tekanan yang dihasilkan bejana D lebih besar daripada bejana lainnya. Dapatkah kamu menjelaskan kesalahan anggapan tersebut?

Gejala yang terjadi pada bejana berhubungan lebih dikenal sebagai hukum bejana berhubungan. Hukum bejana berhubungan berbunyi *"Permukaan zat cair yang sejenis di dalam bejana berhubungan pada keadaan seimbang akan mendatar (sama tinggi)"*. Alat yang bekerja berdasarkan hukum bejana berhubungan, misalnya waterpass, menara air, kendi, dan sistem penyaluran air PDAM. Penerapan hukum bejana berhubungan sering kamu temui dalam kehidupan sehari-hari.

2. Hukum Pascal

Pernahkah kamu melihat seorang montir yang mampu mengangkat sebuah mobil? Kemampuan montir itu didukung oleh sebuah dongkrak. Prinsip kerja dongkrak dapat kamu pelajari melalui pembahasan Hukum Pascal berikut.

Pada dasarnya, Hukum Pascal merupakan penerapan dari konsep tekanan dalam suatu zat cair. Hukum itu berbunyi "*Tekanan yang diberikan zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah sama besar*".

Pernyataan Hukum Pascal dapat dijelaskan dengan mengamati perilaku zat cair di dalam bejana berhubungan. Jika pada pengisap I diberi gaya tekan F_1 maka tekanan yang dihasilkan akan diteruskan ke pengisap II dengan sama besar, sehingga berlaku:

▲ Gambar 15.2 Penampang bejana berhubungan

$$p_1 = p_2$$

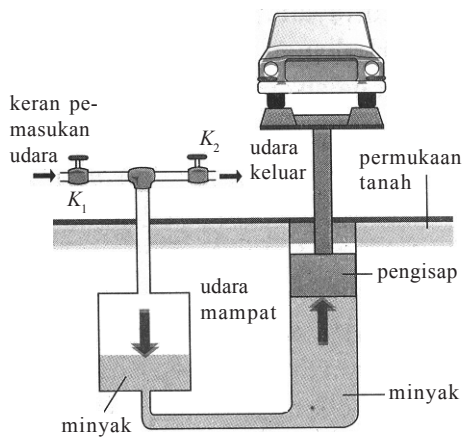
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{atau} \quad F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$$

Dengan: F_1 = gaya pada penampang I (N)
F_2 = gaya pada penampang II (N)
A_1 = luas penampang 1 (m^2)
A_2 = luas penampang 2 (m^2)

Berdasarkan rumus itu gaya F_2 dipengaruhi oleh luas masing-masing permukaan bejana. Dengan demikian jika permukaan bejana lebih besar, gaya yang dihasilkan juga lebih besar. Itulah sebabnya seorang montir mampu mengangkat sebuah mobil.

Alat-alat yang bekerja berdasarkan Hukum Pascal, antara lain sebagai berikut.

a. Dongkrak Hidrolik

Dongkrak hidrolik digunakan untuk mengangkat sebagian badan mobil untuk diperbaiki. Misalnya, mengganti ban yang bocor.

▲ Gambar 15.3 Dongkrak hidrolik

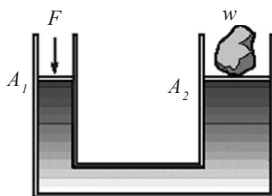
b. ***Kempa Hidrolik***

Kempa hidrolik digunakan untuk mengepak kapas, mencetak plat logam, memeras biji-bijian untuk diambil minyaknya, dan lain-lain.

c. ***Rem Hidrolik***

Rem hidrolik atau rem cakram digunakan untuk menghentikan putaran roda.

Contoh

Berdasarkan gambar berikut, tentukan besar gaya yang digunakan untuk mengangkat batu.

Penyelesaian:

Diketahui: $w = 160$ N

$A_1 = 20 \text{ cm}^2$

$A_2 = 40 \text{ cm}^2$

Ditanyakan: $F_2 = ...$?

Jawab: $\frac{F}{A_1} = \frac{w}{A_2}$

$$\frac{F}{20 \text{ cm}^2} = \frac{160 \text{ N}}{40 \text{ cm}^2}$$

$$F = \frac{80 \text{ N} \cdot 20 \text{ cm}^2}{40 \text{ cm}^2}$$

$= 80$ N

Jadi, gaya yang diperlukan untuk mengangkat batu adalah 80 N.

3. Hukum Archimedes

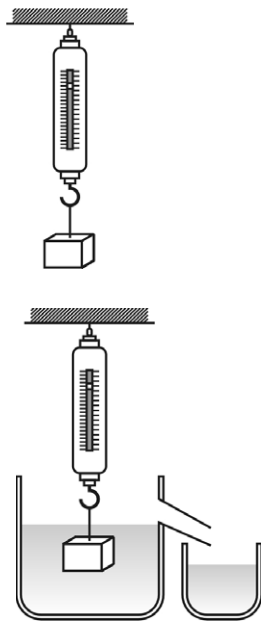
Kamu sudah mengetahui bahwa benda di dalam air akan terasa lebih ringan. Hal itu karena mendapat gaya ke atas. Gaya ke atas itu lebih dikenal dengan gaya Archimedes.

Untuk memahami gaya Archimedes, coba kamu melakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 15.2

Tujuan: – Memahami Hukum Archimedes.

Alat dan Bahan:

- Neraca pegas
- Balok beban 2 buah
- Gelas ukur
- Gelas berpancuran

Cara Kerja:

1. Gantunglah balok beban pada neraca pegas, kemudian bacalah berat beban tersebut dengan membaca skala pada neraca pegas.
2. Isilah gelas berpancuran sampai air keluar dari pancurannya.
3. Tempatkan gelas ukur di bawah gelas berpancuran.
4. Masukkan balok beban ke dalam gelas berpancuran berisi air sampai balok beban tenggelam. Air yang terdesak oleh balok beban akan keluar melalui pancuran, kemudian ditampung oleh gelas ukur.
5. Bacalah berat balok dalam air dengan melihat lagi skala pada neraca pegas. Bacalah juga volume air yang tumpah dengan membaca skala pada gelas ukur. Volume air dalam gelas ukur = volume air yang tumpah = volume balok.
6. Timbanglah gelas ukur yang berisi air tampungan tersebut. Catat hasilnya. Kosongkan gelas ukur tersebut, kemudian timbang kembali gelas ukur yang kosong tadi dan catat hasilnya.
7. Tentukan berat air yang ditampung tadi dengan menghitung selisih gelas ukur berisi air dikurangi gelas ukur.
8. Ulangi cara kerja 1 sampai 7 dengan menggantung dua buah balok menjadi satu.
9. Masukkan hasil pengukuran ke dalam tabel pengamatan di buku kerjamu.

Pertanyaan:

1. Apakah yang menyebabkan berat benda di dalam zat cair berkurang?
2. Bergantung kepada apa saja pengurangan berat benda di dalam zat cair?
3. Nyatakan kesimpulan kelompokmu dalam buku kerjamu.

Jika kamu melakukan kegiatan tersebut dengan teliti dan benar, ternyata benda yang dicelupkan ke dalam zat cair akan mengalami gaya ke atas sebesar berat zat cair yang dipindahkan. Hal itu sesuai dengan Hukum Archimedes yang berbunyi "*Suatu benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh zat cair tersebut.*"

Hukum Archimedes dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut.

$$F_A = w_C$$
$$F_A = m_C g$$
$$F_A = (V_C \rho_C) g$$
$$F_A = \rho_C g V_C$$

Dengan:

F_A = gaya tekan ke atas (N)
w_C = berat zat cair yang dipindahkan (N)
V_C = volume zat cair (m^3)
ρ_C = massa jenis zat cair (kgm^{-3})
g = percepatan gravitasi bumi (ms^{-2})

Terapung, Melayang, dan Tenggelam

Zat padat yang dimasukkan ke dalam zat cair dapat mengalami peristiwa terapung, melayang, dan tenggelam.

▲ Gambar 15.4 Keadaan suatu benda di dalam zat cair

a. Terapung

Benda dikatakan terapung jika sebagian besar volumenya berada di atas permukaan zat cair. Pada saat itu berlaku $F_A \geq w$. Suatu benda akan terapung apabila massa jenisnya lebih kecil daripada massa jenis zat cair.

$$F_A \geq w \text{ atau } \rho_{zat\ cair} > \rho_{benda}$$

b. Melayang

Benda dikatakan melayang jika berada di antara permukaan dan dasar zat cair. Pada saat itu berlaku $F_A = w$. Suatu benda akan melayang apabila massa jenis benda sama dengan massa jenis zat cair.

$$F_A = w \text{ atau } \rho_{zat\ cair} = \rho_{benda}$$

c. Tenggelam

Benda dikatakan tenggelam jika berada di dasar zat cair. Pada saat itu berlaku $F_A < w$ suatu benda akan tenggelam apabila massa jenis benda lebih besar daripada massa jenis zat cair.

$$F_A < w \text{ atau } \rho_{zat\ cair} < \rho_{benda}$$

Alat-alat yang bekerjanya berdasarkan Hukum Archimedes adalah kapal selam, kapal laut, galangan kapal, hidrometer, dan jembatan ponton.

Untuk lebih memahami keadaan zat padat dalam zat cair, lakukan tugas berikut.

Tugas Mandiri

Tujuan: –Mengamati keadaan zat padat dalam zat cair.

Alat dan Bahan:

– Telur ayam
– Garam
– Bejana kaca
– Air

Cara Kerja:

1. Masukkan telur ayam ke dalam bejana kaca berisi air. Amati keadaan telur dalam bejana kaca yang berisi air tersebut.
2. Tambahkan garam sedikit demi sedikit, amati yang terjadi pada telur tersebut.

Pertanyaan:

1. Bagaimanakah keadaan telur dalam bejana kaca yang berisi air sebelum ditambahkan garam.
2. Bagaimanakah keadaan telur dalam ember yang berisi air yang telah ditambahkan garam?
3. Apakah fungsi pemberian garam dalam air?
4. Nyatakan kesimpulanmu dalam buku kerjamu.

Tokoh Kita

Archimedes

Archimedes adalah seorang ilmuwan pada masa Yunani Kuno. Archimedes terkenal karena konsep terapung, melayang, dan tenggelamnya suatu benda di zat cair.

Suatu saat Archimedes dimintai bantuan oleh Raja Hieron untuk mengetahui keaslian mahkota raja. Konon saat itu Archimedes tidak boleh merusak mahkota. Jika berhasil akan mendapat hadiah, jika gagal akan mendapat hukuman.

Archimedes akhirnya mendapat metode untuk membuktikan keaslian mahkota raja ketika dia mandi. Saat menceburkan tubuhnya ke bak mandi, yang berisi penuh air, Archimedes memerhatikan bahwa ada sejumlah air yang tumpah. "Eureka" itulah seruannya saat mendapatkan metodenya.

Seandainya kamu menjadi Archimedes, bagaimanakah caramu membuktikan keaslian mahkota di hadapan raja?

Sebuah patung kuno tenggelam di suatu perairan yang mempunyai massa jenis 1.050 kgm^{-3}. Jika patung itu bermassa 100 kg dan volumenya 0,05 m^3, berapakah gaya yang diperlukan untuk mengangkatnya? (anggap g = 10 ms^{-2})

Penyelesaian:

Diketahui: m = 100 kg $\quad V$ = 0,05 m^3

g = 10 ms^{-2} $\quad \rho$ = 1.50 kgm^{-3}

Ditanyakan: w_{air} = ... ?

Jawab: Berat patung di udara

$w = mg$ = 100 kg × 10 ms^{-2} = 1.000 N

Gaya Archimedes yang dialami patung

$F = \rho g V$

= 1.050 kgm^{-3} × 10 ms^{-2} × 0,05 m^3 = 525 N.

Gaya berat untuk mengangkat patung.

$w_{air} = w_u - F_a$

= 1.000 N – 525 N = 475 N.

Jadi seakan-akan massa patung sebesar

$$\frac{475 \text{ N}}{10 \text{ ms}^{-2}} = 47{,}5 \text{ kg.}$$

1. Mengapa jika salah satu pipa pada bejana berhubungan ditutup rapat permukaannya tidak rata?
2. Menurut fisika, mampukah seorang anak 5 tahun mengangkat seekor gajah?
3. Sebuah batu kerikil di udara mempunyai berat 80 N. Batu itu ketika di air beratnya menjadi 70 N. Berapa besar gaya batu?

C. TEKANAN UDARA

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- *menjelaskan hubungan antara ketinggian tempat dengan tekanan udaranya;*
- *mengaplikasikan konsep tekanan gas pada peristiwa alam alam yang relevan (dalam penyelesaian masalah sehari-hari).*

Adanya gravitasi bumi mengakibatkan udara mempunyai berat. Dari awal telah dijelaskan bahwa setiap zat memiliki massa sehingga dengan pengaruh gravitasi setiap zat memiliki berat. Udara juga memiliki massa dan memiliki berat, sehingga udara juga memiliki tekanan.

Bumi diselimuti lapisan udara. Lapisan udara disebut juga lapisan atmosfer. Lapisan udara bermacam-macam bergantung pada ketinggian di atas permukaan air laut. Makin tinggi dari permukaan air laut, tekanan udaranya makin besar. Besar tekanan udara diteliti

oleh Evangelista Torricelli. Hasil penelitian Evangelista Torricelli adalah sebagai berikut.

1. Besar tekanan udara adalah 1 atm atau 76 cmHg. Tekanan udara ini merupakan tekanan udara pada permukaan air laut atau nol meter di atas permukaan air laut (dpl).
2. Setiap tempat yang berbeda mempunyai tekanan yang berbeda-beda pula.
3. Tekanan udara akan turun 1 cmHg setiap kenaikan tinggi tempat 100 m.

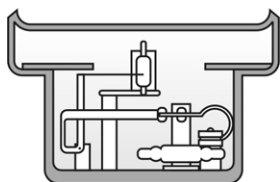
Radar Sains

Barometer juga digunakan untuk meramal keadaan cuaca. Jika tekanan udara naik, pertanda cuaca cerah sedangkan jika tekanan udara turun pertanda cuaca buruk.

Hubungan tekanan udara dan ketinggian tempat, dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut.

$$Tekanan\ udara = 76\ cmHg - (ketinggian : 100\ m)$$

atau

$$Ketinggian = (76\ cmHg - tekanan\ udara) \times 100\ m$$

▲ Gambar 15.5 Barometer aneroid (logam)

Alat untuk mengukur tekanan udara disebut barometer. Barometer dibedakan menjadi dua, yaitu barometer zat cair dan barometer aneroid.

Barometer zat cair adalah barometer yang menggunakan zat cair sebagai alat ukurnya. Adapun barometer aneroid (logam) adalah barometer yang terbuat dari logam.

Penerapan tekanan udara dalam kehidupan sehari-hari, misalnya pada sedotan minuman, alat suntik, penghisap karet, dan lain-lain.

Contoh

Kota A berada pada ketinggian 600 m dari permukaan air laut. Hitunglah tekanan udara di kota A.

Penyelesaian:

Diketahui: ketinggian kota A = 600 m

Ditanyakan: tekanan udara kota A?

Jawab:

Tekanan udara kota A = 76 cmHg – (ketinggian kota A : 100)
= 76 cmHg – (600 : 100)
= 76 cmHg – 6 = 70 cmHg

Tekanan udara kota A adalah 70 cmHg

Tekanan, selain ada pada udara terbuka, ternyata juga ada di udara tertutup. Kamu dapat menemukan tekanan udara tertutup pada kaleng spray. Biasanya, pada kaleng tersebut disebutkan adanya tekanan udara yang tinggi. Kamu juga dapat menemukan tekanan udara pada balon yang ditiup.

Tekanan gas dalam ruang tertutup akan mengecil apabila volume diperbesar. Sebaliknya, tekanan gas dalam ruang tertutup akan membesar apabila volume diperkecil. Hal ini berdasarkan hasil penelitian Robert Boyle.

Hukum Boyle menyatakan "*Tekanan gas dalam ruang tertutup berbanding terbalik dengan volumenya*". Secara matematis dirumuskan sebagai berikut.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Dengan: p_1 = tekanan 1 (Nm^{-2})

p_2 = tekanan 2 (Nm^{-2})

V_1 = volume 1 (m^3)

V_2 = volume 2 (m^3)

Hukum Boyle hanya berlaku dalam kondisi:

a. suhu gas tetap,
b. gas dalam ruang tertutup,
c. tidak terjadi reaksi kimia selama penyelidikan.

Beberapa alat dalam kehidupan sehari-hari yang bekerjanya berdasarkan hukum Boyle, misalnya alat suntik, pompa sepeda, pompa air tangan, sedotan minuman, dan sungkup karet.

Contoh

Sejumlah gas di ruang tertutup yang volumenya 40 ml mempunyai tekanan 50 cmHg. Tentukan besar tekanan gas apabila volumenya diubah menjadi 10 ml.

Penyelesaian:

Diketahui: V_1 = 40 ml

V_2 = 10 ml

p_1 = 50 cmHg

Ditanyakan p_2 = ?

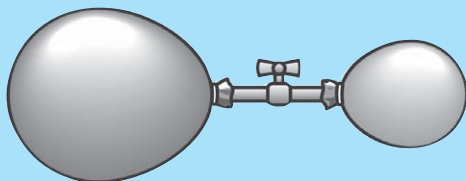
Jawab:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2}$$

$$= \frac{50 \text{ cmHg} \times 40 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} = 200 \text{ cmHg}$$

DISKUSI
(Akurasi Konsep)

Ada dua balon yang besarnya berbeda, masing-masing mempunyai tekanan tertentu, dihubungkan dengan suatu kran. (Perhatikan gambar) Apa yang terjadi jika kran di buka?

Rangkuman

1. Tekanan adalah besarnya gaya yang bekerja pada benda tiap satuan luas bidang. Rumus tekanan: $p = \frac{F}{A}$
2. Tekanan hidrostatis bergantung pada kedalaman atau ketinggian zat cair, massa jenis, dan percepatan gravitasi bumi. Dirumuskan: $p_h = \rho g h$
3. Hukum Pascal, dinyatakan dengan rumus: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

   Alat-alat yang bekerjanya berdasarkan Hukum Pascal, misalnya dongkrak hidrolik, kempa hidrolik, rem hidrolik, dan lain-lain.
5. Hukum Archimedes dinyatakan dengan rumus: $F_A = V \rho_A g$

   Alat-alat yang bekerjanya berdasarkan Hukum Archimedes, misalnya kapal selam, kapal laut, galangan kapal, dan lain-lain.
6. Udara mempunyai massa dan berat sehingga udara juga mempunyai tekanan. Arah tekanan udara ke segala arah.

Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Tekanan pada suatu bidang.
2. Penerapan Hukum Pascal.
3. Penerapan Hukum Bejana Berhubungan.
4. Penerapan Hukum Archimedes.
5. Tekanan udara.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajarilah bab selanjutnya.

Glosarium

bejana berhubungan : dua atau lebih bejana saling berhubungan, permukaannya dapat identik atau berbeda.

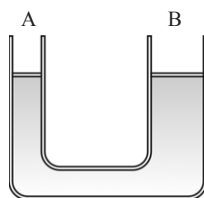
hidrostatis : berhubungan dengan zat cair yang berada dalam keadaan tenang dan mengenai gaya yang bekerja pada zat cair itu.

hidrolik : mempunyai sifat menggerakkan melalui air atau zat cair.

waterpass	:	alat untuk mengetahui rata tidaknya suatu permukaan horizontal.
barometer	:	alat untuk mengukur tekanan udara.
aneroid	:	barometer bukan cairan atau dioperasikan tanpa menggunakan cairan.

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Berikut ini peristiwa yang menghasilkan tekanan yang besar adalah ....
   a. memakai sepatu dengan hak yang besar
   b. memakai sepatu dengan hak yang kecil
   c. memotong sayuran dengan pisau yang tumpul
   d. bebek berjalan di tanah yang berlumpur
2. Tekanan yang diberikan di atas permukaan zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan merata. Pernyataan ini dikenal dengan Hukum ….
   a. Archimedes
   b. Bejana Berhubungan
   c. Pascal
   d. Boyle
3. Alat yang digunakan untuk membuktikan bahwa pada kedalaman yang sama tekanan zat cair sama besar ke segala arah adalah ….
   a. hidrometer
   b. dongkrak hidrolik
   c. pesawat Hartl
   d. mikrometer
4. Berikut ini benda yang tidak tenggelam kalau dicelupkan dalam minyak kelapa adalah ….
   a. segumpal tanah
   b. sebutir kelereng
   c. sebatang besi
   d. sepotong kayu gabus
5.

   Luas A = 5 cm^2
   Luas B = 10 cm^2
   F_B = 400 N

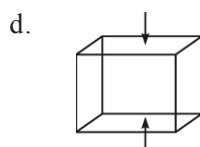
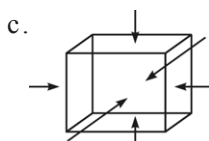
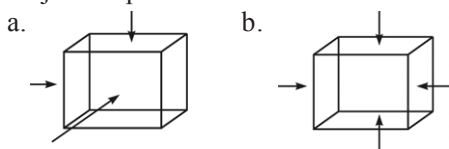
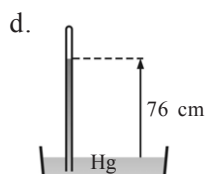
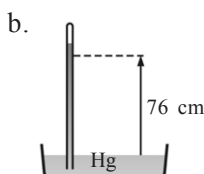
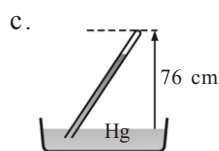
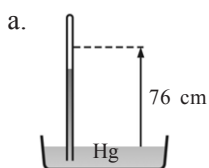
   Tekanan pada A adalah ....
   a. 0,4 N/cm^2 c. 45 N/cm^2
   b. 4 N/cm^2 d. 40 N/cm^2
6. Hukum Pascal berbunyi bahwa ….
   a. tekanan dalam zat cair diteruskan ke semua arah dengan tidak sama rata
   b. tekanan dalam zat cair diteruskan ke semua arah dengan sama rata
   c. tekanan dalam zat cair tidak diteruskan ke semua arah dengan tidak sama rata
   d. tekanan dalam zat cair tidak diteruskan ke semua arah dengan sama rata

7. Dua bejana berhubungan satu dengan yang lain. Luas penampang bejana kiri 20 cm^2, sedangkan yang kanan 50 cm^2. Bejana-bejana itu diisi air dan kedua permukaannya mempunyai pengisap yang bergerak bebas. Apabila bejana kiri mendapat beban 600 N dan pengisap-pengisap kembali dalam keadaan seimbang, maka pada bejana kanan harus diberi tekanan ….
   a. 5 Nm^{-2} c. 250.000 Nm^{-2}
   b. 1.500 Nm^{-2} d. 300.000 Nm^{-2}

8. Galangan kapal berfungsi untuk ….
   a. mengukur bobot kapal
   b. mengukur dalamnya laut
   c. mengangkat kapal
   d. memperbaiki kapal laut

9. Berikut ini alat-alat yang prinsip kerjanya *bukan* berdasarkan Hukum Pascal adalah ....
   a. waterpass
   b. kempa hidrolik
   c. dongkrak hidrolik
   d. rem hidrolik

10. Suatu benda akan terapung dalam zat cair apabila ....
   a. $\rho_{\text{zat cair}} = \rho_{\text{benda}}$ c. $\rho_{\text{zat cair}} < \rho_{\text{benda}}$
   b. $\rho_{\text{zat cair}} > \rho_{\text{benda}}$ d. $\rho_{\text{benda}} > \rho_{\text{zat cair}}$

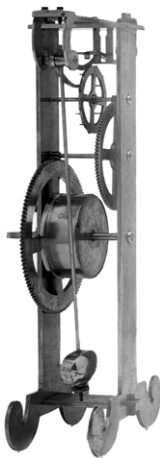
11. Tekanan zat cair pada sebuah benda ditunjukkan pada ….
   a.
   b.
   c.
   d.

12. Pipa Toricelli yang menunjukkan tekanan 1 atm adalah ....
13. Balon untuk mengetahui keadaan cuaca menggunakan prinsip Hukum ….
   a. Boyle c. Pascal
   b. Dalton d. Archimedes

14. Manometer raksa dihubungkan dengan bejana tertutup yang diisi gas. Akibatnya, raksa pada kaki tersebut turun 5 cm. Barometer menunjukkan 76 cmHg. Tekanan pada bejana adalah ….
   a. 60 cmHg c. 86 cmHg
   b. 76 cmHg d. 96 cmHg

15. Pada ruangan bervolume 100 cm^3 terdapat udara bertekanan 1 atm. Ketika volume diperkecil menjadi 50 cm^3, tekanan udara tersebut pada suhu tetap adalah ….
   a. 1 atm c. 3 atm
   b. 2 atm d. 4 atm

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Tentukan besar gaya yang bekerja pada bidang seluas 20 dm^2 sehingga dihasilkan tekanan sebesar 80 Nm^{-2}.
2. Mengapa menggunakan dongkrak hidrolik lebih mudah untuk mengangkat mobil?
3. Sebutkan alat-alat yang bekerjanya berdasarkan Hukum Pascal.
4. Penyelam berada 150 m di bawah permukaan air laut. Perairan itu mempunyai massa jenis 1.080 kgm^{-3} dan percepatan gravitasi 10 ms^{-2}. Berapa besar tekanan hidrostatis yang dialami penyelam?
5. Volume gas 60 cm^3 bertekanan 2 atm. Apabila volume gas diperbesar dua kali semula. Berapa besar tekanan gas sekarang?

Bab 16

GETARAN DAN GELOMBANG

Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

Suatu pagi, Galileo (ilmuwan Italia) mendengarkan khotbah di gereja. Selama khotbah yang membosankan itu, Galileo mengalihkan perhatiannya ke lampu yang berayun-ayun di ujung tali yang menggantung dari langit-langit. Setiap ayunan lampu itu ternyata memerlukan waktu yang sama. Dia mengukur waktu ayun lampu menggunakan denyut nadinya sehingga tidak mengganggu perhatian jemaah lain. Berdasar eksperimen, yang sebenarnya hanya pengisi waktu yang membosankan tersebut, selanjutnya Galileo merancang jam bandul seperti gambar di samping.

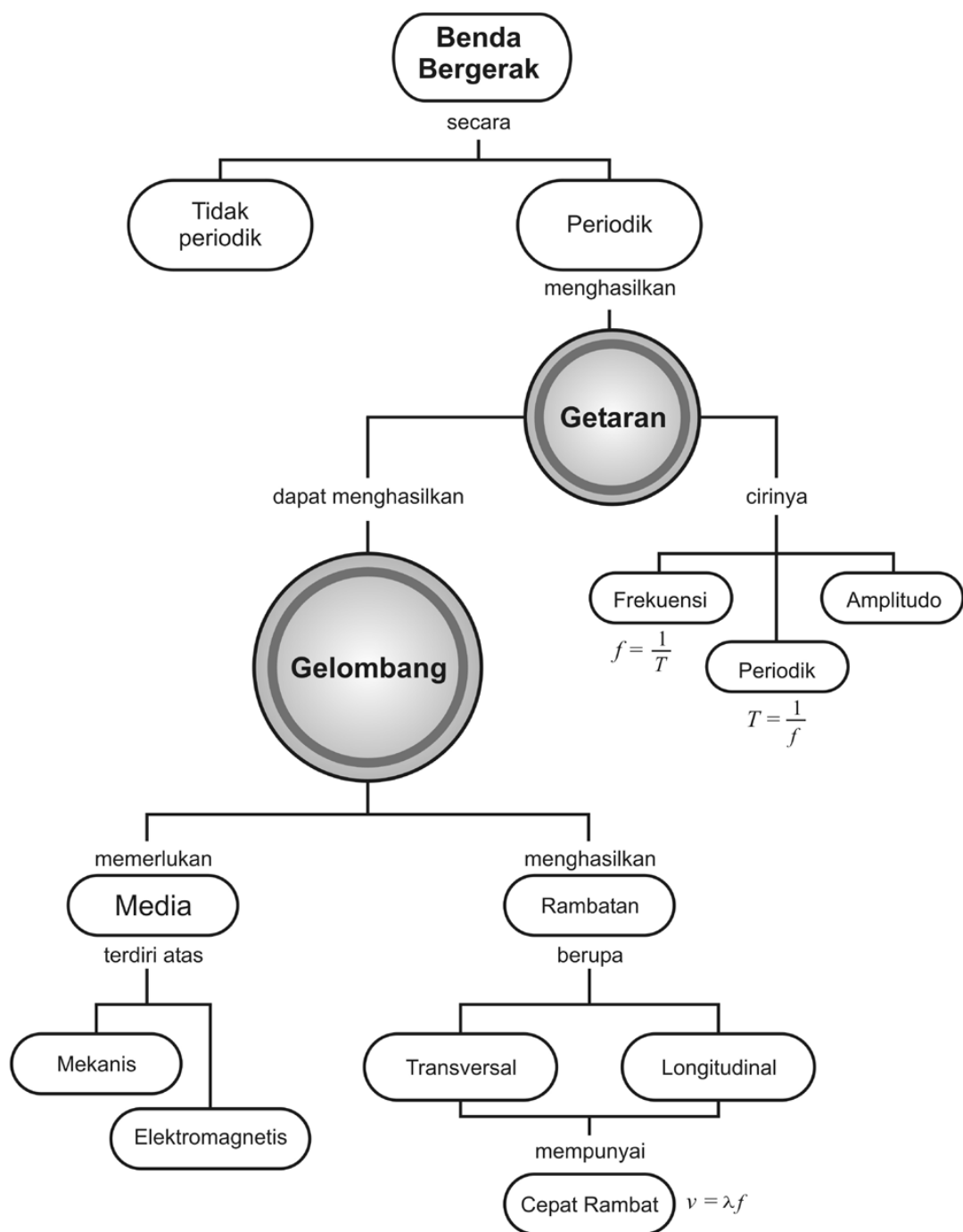
Fenomena yang dialami Galileo itu akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan getaran dan gelombang

❖ Pretest ❖

1. Apakah perbedaan antara gerakan dan getaran?
2. Sebutkan satuan frekuensi yang kamu ketahui.
3. Apakah pengertian gelombang?
4. Apakah ciri khas gelombang elektromagnet?

❖ Kata-Kata Kunci ❖

– amplitudo
– frekuensi
– gelombang
– getaran
– longitudinal
– panjang gelombang
– periode
– titik keseimbangan
– transversal
– waktu getar

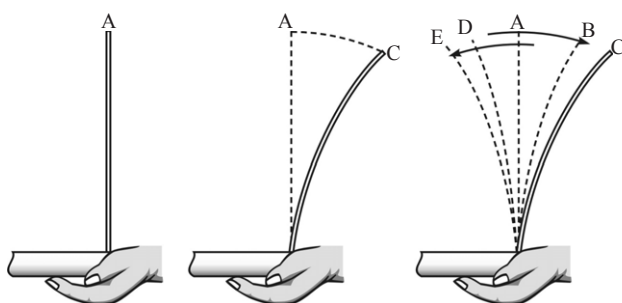
Benda Bergerak
secara
Tidak periodik
Periodik
menghasilkan
Getaran
dapat menghasilkan
cirinya
Frekuensi
$f = \frac{1}{T}$
Amplitudo
Periodik
$T = \frac{1}{f}$
Gelombang
memerlukan
Media
terdiri atas
Mekanis
Elektromagnetis
menghasilkan
Rambatan
berupa
Transversal
Longitudinal
mempunyai
Cepat Rambat
$v = \lambda f$

A. GETARAN

Seringkah kamu memerhatikan taman bermain untuk anak-anak? Cobalah fokuskan perhatianmu pada anak yang berlarian dan berayun. Anak yang berlarian dan berayun sama-sama melakukan gerakan, samakah gerakan mereka? Apa pula yang membedakan kedua gerak seperti itu?

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *mengidentifikasi getaran pada kehidupan sehari-hari;*
- *mengukur periode dan frekuensi getaran.*

1. Getaran Benda

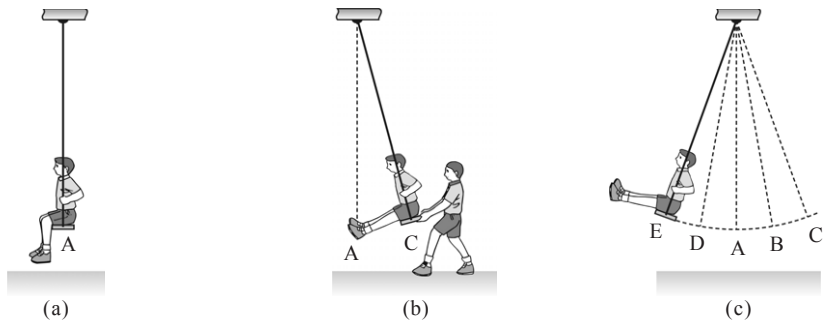
Ambillah sebuah mistar plastik yang panjangnya 30 cm. Rapatkan dan peganglah salah satu ujungnya pada tepi meja pada kedudukan vertikal. Tariklah ujung yang lain ke kanan dan kemudian lepaskan. Ujung mistar itu akan bergerak ke kiri dan ke kanan secara berkala dengan melalui titik tengah atau titik keseimbangan. Adapun, yang dimaksud titik keseimbangan adalah kedudukan pada saat mistar dalam keadaan diam. Gerakan seperti mistar itulah yang disebut dengan *getaran.* Dengan demikian kamu tahu bahwa tidak setiap gerakan disebut getaran.

▲ Gambar 16.1 Getaran pada penggaris

Masih ingatkah kamu permainan ayunan saat kecil dahulu? Jika kamu hanya duduk diam pada ayunan, maka ayunan tidak akan bergerak. Jika ayunan yang kamu duduki itu ditarik temanmu lalu dilepas lagi apa yang akan terjadi?

Posisi ayunan yang berada ditempat semula (diam) disebut berada dalam titik keseimbangan, Gambar 16.2. Ketika datang gangguan atau usikan berupa tarikan, ayunan mulai bergeser dari keadaan seimbang. Setelah tarikan dilepas, ayunan mulai bergerak secara berkala (periodik). Gerak ayunan itu selalu melalui titik keseimbangan. Gerak seperti itu juga disebut getaran. Jarak antara titik keseimbangan dengan pergeseran ayunan dinamakan simpangan. Simpangan terjauh dari suatu getaran disebut *amplitudo*.

(a)

(b)

(c)

▲ Gambar 16.2 Gerak ayunan

DISKUSI
(Akurasi Konsep)

Seandainya ada salah seorang temanmu mampu membuat bandul sederhana dengan tali yang panjang, dapatkah bandul itu berhenti berayun jika beban di simpangkan 10º dari titik keseimbangan?

Bagaimana gerak benda dikatakan satu kali getaran? Pada Gambar 16.2.c lintasan A-B-C-B-A-D-E-D-A termasuk satu kali getaran. Begitu pula pada lintasan B-C-B-A-D-E-D-A-B dan E-D-A-B-C-B-A-D-E. Namun demikian, lintasan D-A-B-C-B-A-D bukan gerak satu kali getaran. Jadi, yang dinamakan gerakan satu kali getaran yakni jika lintasan gerak benda itu merupakan lintasan tertutup.

Apakah yang menjadi ciri khas suatu getaran? Untuk menjawabnya, cobalah kamu melakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 16.1

Tujuan: Mengamati getaran.

Alat dan Bahan:

– Beban
– Statif
– Tali
– Stopwatch

Cara Kerja:

1. Gantung sebuah tali diberi beban secara vertikal pada statif. Usahakan panjang tali tidak kurang dari 1 meter.
2. Simpang beban ke samping (ingat jangan terlalu kuat menarik). Lepaskan beban, sehingga terjadi gerakan bolak-balik.
3. Catatlah waktu yang diperlukan untuk melakukan beberapa kali getaran.
4. Ulangi kegiatan ini dengan cara menarik beban pada jarak lebih kecil daripada tarikan cara kerja nomor 2.

Pertanyaan:

1. Bagaimana catatan waktu getar yang kamu peroleh?
2. Cepat atau lambatkah beban berhenti bergetar?
3. Nyatakanlah kesimpulan kelompokmu dalam buku kerjamu.

Untuk lebih mudah memahami kegiatanmu tersebut, ikutilah uraian berikut. Periode getar merupakan waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali getaran sempurna. Jika saat melakukan 1 kali getaran diperlukan waktu getar 2 detik, periodenya 2 detik. Jika dalam melakukan 2 kali getaran diperlukan waktu getar 3 detik, periodenya $\frac{3}{2}$ detik. Jadi, jika banyaknya getaran dilambangkan dengan *n* dan waktu getar dengan *t* maka periodenya (*T*) dapat ditulis dengan rumus $T = \frac{t}{n}$.

Selain periode, getaran mempunyai ciri lain yaitu frekuensi. Adapun yang dimaksud frekuensi adalah banyaknya getaran yang terjadi tiap detik. Misalnya dalam waktu getar 1 detik terjadi 5 getaran, frekuensinya $\frac{5}{1}$ detik. Jika dalam waktu 2 detik terjadi 8 getaran, frekuensinya $\frac{8}{2}$ detik. Jadi, jika banyaknya getaran dilambangkan dengan *n* dan waktu getar dengan *t,* frekuensinya (*f*) dapat ditulis dalam rumus $f = \frac{t}{n}$.

Mengingat besaran-besaran pada periode dan frekuensi sama, maka hubungan kedua besaran itu dapat dicari.

$$T = \frac{t}{n} \quad \text{atau} \quad t = T \ n$$

$$f = \frac{n}{t}$$

$$f = \frac{n}{T n} \quad \text{atau} \quad f = \frac{1}{T}$$

Satuan frekuensi per detik (sekon) disebut juga hertz (Hz).

Berdasarkan uraian di atas dapat diketahui bahwa ciri khas suatu getaran adalah adanya frekuensi, periode, dan amplitudo. Meskipun demikian amplitudo tidak memengaruhi frekuensi. Perhatikan kembali data percobaan pada Kegiatan 16.1 atau hubungan antara frekuensi dan periode getar.

Contoh

1. Dalam waktu 20 detik suatu ayunan bergetar 10 kali. Berapakah frekuensi ayunan itu?

Penyelesaian:

Diketahui: $t = 20$ detik

$n = 10$

Ditanyakan : $f = ...?$

Jawab:

$$f = \frac{n}{t} = \frac{10}{20} = 0{,}5 \text{ Hz}$$

2. Pegas yang digantung beban ditarik sejauh 3 cm dari titik keseimbangan. Dalam waktu 10 detik terjadi 8 kali getaran. Berapakah periode getarnya? Berapa pula amplitudonya?

Penyelesaian:

Diketahui: $t = 10$ detik

$n = 8$

Ditanyakan: $T = \ldots ?$

Jawab:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{10}{8} = 1{,}25 \text{ detik}$$

Amplitudo tidak ada hubungannya dengan periode. Karena pegas ditarik (disimpangkan) sejauh 3 cm, maka amplitudo = 3 cm.

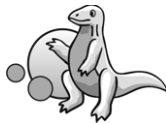
Setiap benda yang dapat bergetar, mempunyai frekuensi alami. Frekuensi ini merupakan sejumlah getaran yang dibuat sebuah benda dalam setiap detik jika benda itu bergetar. Frekuensi alami suatu benda dipengaruhi oleh ukuran benda tersebut, misalnya suatu ayunan (bandul). Frekuensi alaminya dipengaruhi oleh panjang talinya.

Latihan

1. Apakah perbedaan gerakan dengan getaran?
2. Seorang anak bermain ayunan di taman setiap berayun ke belakang dia menjejakkan kaki ke tanah. Selama 2 menit dia 80 kali menjejakkan kaki ke tanah. Berapakah frekuensi ayunan anak itu?

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:

- *membedakan karakteristik gelombang longitudinal dan transversal;*
- *mendeskripsikan hubungan antara kecepatan rambat gelombang, frekuensi, dan panjang gelombang.*

B. GELOMBANG

Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bahwa timbulnya getaran karena titik keseimbangan benda *terusik* atau *terganggu*. Usikan atau gangguan itu dapat berupa gaya tarikan atau dorongan. Pada dasarnya tarikan atau dorongan itu adalah energi. Dapatkah kamu menjelaskan hal itu?

1. Gelombang Mekanik

Pernahkah kamu menyimak berita tentang bencana gelombang tsunami pada akhir tahun 2004? Tahukah kamu penyebabnya? Jepang merupakan salah satu negara yang sering mengalami bencana ini. Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam hancur akibat tenaga gelombang tsunami. Gelombang itu muncul karena di dasar lautan terjadi gempa bumi. Getaran gempa tersebut oleh air laut dirambatkan ke pantai dalam bentuk gelombang yang sangat dahsyat tenaganya. Dalam waktu kurang dari setengah jam, energi gelombang tsunami memakan korban lebih dari 200 ribu jiwa.

Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*, 2005

Sumber: *Ensiklopedi Umum untuk Pelajar*, 2005

▲ Gambar 16.3 Gelombang tsunami (kiri) yang mematikan dan gelombang laut (kanan) yang digunakan untuk berolah raga

Berdasarkan gambaran di atas, dapat disimpulkan bahwa gelombang merupakan bentuk dari suatu getaran yang merambat. Di dalam perambatan, gelombang ada yang memerlukan medium (gelombang mekanik), ada yang tidak memerlukan medium (gelombang elektromagnetik). Jika kamu berada di tepi laut, pada saat gelombang laut datang, apakah kamu bisa merasakan dorongan gelombang pada kakimu? Membuktikan hal apakah peristiwa itu? Untuk memahaminya lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

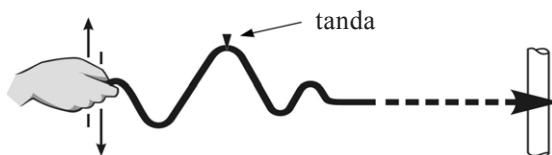
DISKUSI
(Pengembangan Rasa Ingin Tahu)

Benarkah gelombang air laut yang bergerak ke pantai (sebelum pecah) membawa air dari laut lepas?

Kegiatan 16.2

Tujuan: Membuktikan rambatan energi gelombang.

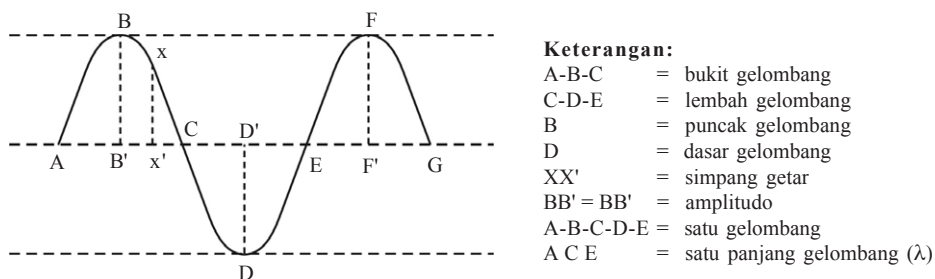
Alat dan Bahan:
- Tali
- Kertas sebagai penanda

Cara Kerja:
1. Sediakan seutas tali. Ikat salah satu ujung pada tiang. Berilah sebuah tanda pada tali tersebut diantara kedua ujungnya.
2. Getarkan salah satu ujung tali naik-turun atau ke kanan-kiri.

Pertanyaan:
1. Apakah akhir ujung tali yang diikat pada tiang ikut bergetar?
2. Apakah tanda pada tali tersebut akan berpindah tempat?
3. Nyatakan kesimpulanmu dalam buku kerjamu.

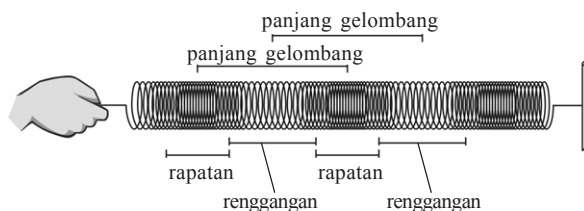
2. Gelombang Transversal

Pernahkah kamu melewati jalan beraspal yang bergelombang? Jalanan yang naik turun itu mirip bentuknya dengan gelombang transversal. Adapun yang dimaksud gelombang transversal adalah gelombang yang merambat tegak lurus pada arah getaran. Gelombang transversal terdiri atas gunung atau bukit gelombang dan lembah gelombang. Contoh, gelombang pada permukaan air, gelombang pada tali yang digetarkan dan gelombang pada slinki yang digetarkan melintang. Perhatikan Gambar 16.4.

Keterangan:

A-B-C = bukit gelombang
C-D-E = lembah gelombang
B = puncak gelombang
D = dasar gelombang
XX' = simpang getar
BB' = BB' = amplitudo
A-B-C-D-E = satu gelombang
A C E = satu panjang gelombang (λ)

▲ Gambar 16.4 Gelombang transversal

3. Gelombang Longitudinal

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah rambatnya berimpit (searah) dengan arah getaran. Gelombang longitudinal terdiri atas rapatan dan renggangan. Contohnya slinki yang digetarkan searah dengan panjangnya atau dengan arah maju-mundur. Perhatikan Gambar 16.5.

▲ Gambar 16.5 Gelombang longitudinal

Satu gelombang (satu panjang gelombang), yaitu jarak antara 2 rapatan yang berdekatan atau jarak antara 2 renggangan yang berdekatan. Satu gelombang terdiri atas 2 rapatan dan 1 renggangan atau 2 renggangan dan 1 rapatan.

4. Cepat Rambat

Masih ingatkah kamu dengan besaran-besaran pada getaran, yaitu periode, frekuensi, dan amplitudo? Pada bagian gelombang terdapat besaran yang khas, yaitu panjang gelombang. *Panjang gelombang* (λ, dibaca lambda) adalah jarak yang ditempuh oleh satu gelombang selama 1 periode. Pengertian-pengertian dasar pada gelombang mirip dengan pengertian-pengertian pada getaran.

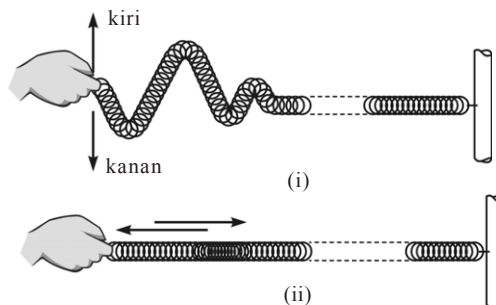
Simpangan maksimum gelombang (amplitudo gelombang) adalah jarak terjauh suatu bagian yang bergetar dari titik keseimbangan. *Frekuensi gelombang* (f) adalah banyaknya gelombang yang lewat suatu titik tertentu selama 1 detik. *Periode gelombang* (T) adalah waktu yang diperlukan oleh satu gelombang untuk melewati suatu titik tertentu. *Cepat rambat gelombang* (v) ialah jarak yang ditempuh oleh gelombang dalam waktu 1 detik.

Untuk lebih memahami cepat rambat gelombang cobalah lakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 16.3

Tujuan: Menentukan cepat rambat gelombang.

Alat dan Bahan:
– Slinki
– Stop-watch

Cara Kerja:
1. Sediakan sebuah slinki. Ikatlah salah satu ujungnya pada tiang.
2. Ukurlah panjang slinki (jarak antara tanganmu terhadap tiang).
3. Gerakkan slinki ke kanan atau ke kiri satu kali seperti Gambar (i).
4. Amatilah getaran yang terjadi. Catatlah waktu yang diperlukan getaran itu untuk merambat hingga ke tiang.
5. Gantilah gerakan slinki maju atau mundur seperti Gambar (ii) (ingat, cukup sekali saja).
6. Amatilah getaran yang terjadi.
7. Catatlah waktu yang diperlukan getaran untuk merambat hingga ke tiang. Satu kali getaran itu dikenal dengan nama denyut atau pulsa gelombang.

Pertanyaan:

Dengan menggunakan rumus jarak (pelajaran kelas VII) dapatkah kamu menentukan kecepatan cepat rambat gelombang slinki tersebut?

Hubungan antara frekuensi, panjang, dan cepat rambat gelombang dapat dirumuskan sebagai berikut.

$v = \lambda f$ atau $v = \frac{\lambda}{T}$ (ingat $f = \frac{1}{T}$)

Dengan:

v = cepat rambat gelombang (ms^{-1})

f = frekuensi gelombang (Hz)

λ = panjang gelombang (m)

T = periode (s)

Contoh

1. Suatu getaran dengan frekuensi = 450 Hz merambat di udara. Jika cepat bunyi di udara 340 ms^{-1}, berapa panjang gelombangnya?

Penyelesaian:

Diketahui: f = 450 Hz

v = 340 ms

Ditanya: λ = ...?

Jawab: $v = f \lambda$

340 ms = 450 Hz $\times \lambda$

λ = 0,75 m

Jadi, panjang gelombangnya = 0,75 m.

2. Sebuah gelombang dengan panjang 17 m mempunyai frekuensi 20 Hz. Berapakah cepat rambat gelombangnya?

Penyelesaian:

Diketahui: λ = 17 m

f = 20 Hz

Ditanya : v = ...?

Jawab:

$v = \lambda f$

v = 17 m $\times$ 20 Hz

v = 340 ms^{-1}

Jadi, cepat rambat gelombang itu = 340 ms^{-1}.

Latihan

1. Gambarlah gelombang transversal terdiri atas 5,5 panjang gelombang.
2. Seorang siswa melemparkan kerikil ke tengah air kolam yang tenang. Dua detik setelah itu gelombang air mengenai tepi kolam tempat berdiri siswa. Jika panjang kolam 20 meter, hitunglah cepat rambat gelombang air kolam.

5. Pemantulan Gelombang

Jika kamu berada di tepi sebuah kolam dan keadaan air kolam itu tenang, cobalah kamu lempar air kolam tersebut dengan batu di tengahnya. Apa yang terjadi? Dapatkah kamu melihat adanya gelombang air yang berjalan? Gelombang tersebut kemudian merambat ke tepi kolam hingga membentur dinding kolam. Setelah gelombang membentur dinding, gelombang tersebut terpantul dan merambat kembali ke tengah kolam. Kejadian di atas terus berulang hingga gelombang tersebut melemah.

Berdasarkan contoh peristiwa itu dapat kita ketahui bahwa gelombang dapat dipantulkan. Pada bab-bab selanjutnya, kamu akan mengetahui bahwa gelombang juga dapat dibiaskan, digabungkan, dan dilenturkan.

Setelah mempelajari getaran dan gelombang, kamu dapat memanfaatkan getaran. Getaran ayunan sederhana dapat digunakan untuk menentukan percepatan gravitasi (g) di suatu tempat. Metode yang digunakan adalah mengukur panjang tali (l) dan periode getarannya (T). Hubungan kedua variabel tersebut dapat ditulis dalam bentuk rumus:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Cobalah kerjakan Tugas Mandiri berikut bersama kelompok belajarmu di luar jam pelajaran. Percobaan ini pada dasarnya pernah kamu lakukan untuk Kegiatan 16.1.

Tugas Mandiri

(Penumbuh Inovatif/Kreativitas)

Tujuan: Menentukan percepatan gravitasi menggunakan ayunan sederhana.

Alat dan Bahan:

– Tali (1,5 m)
– Beban
– Busur derajat
– Stop-watch

Cara Kerja:

Rancanglah sebuah bandul sederhana dengan panjang minimal 1 m (makin panjang makin baik). Buatlah getaran dengan simpangan kurang dari 15° dari titik keseimbangan. Catatlah waktu yang diperlukan untuk melakukan sejumlah getaran. Berdasarkan data yang kamu peroleh dan rumus periode getar, tentukan besar percepatan gravitasi di tempatmu. Presentasikan hasil percobaanmu di muka kelas. Bandingkan hasil pengukuran kelompok belajarmu dengan kelompok belajar yang lain.

Rangkuman

1. Getaran adalah gerakan secara berkala yang melewati titik kesetimbangan.
2. Amplitudo adalah simpangan terjauh suatu getaran.
3. Frekuensi getar adalah banyaknya getaran dalam 1 detik.
4. Periode getar adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali getaran.
5. Hubungan antara frekuensi dan periode dapat ditulis dengan rumus $f = \frac{1}{T}$.
6. Gelombang adalah getaran yang merambat.
7. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatnya tegak lurus dengan arah getar. Sedangkan gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah rambatnya sejajar dengan arah getar.
8. Satu panjang gelombang (1 λ) adalah jarak antara dua titik gelombang yang mempunyai keadaan yang sama. Gelombang transversal terdiri atas 2 rapatan dan 1 renggangan.
9. Pada gelombang berlaku rumus $v = \lambda f$ atau $v = \frac{\lambda}{T}$.

Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Pengertian getaran dan gelombang.
2. Menyebutkan ciri-ciri getaran dan gelombang.
3. Membedakan gelombang transversal dengan longitudinal.
4. Menentukan cepat rambat gelombang.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajarilah bab selanjutnya.

Glosarium

usikan : suatu bentuk energi yang dapat mengganggu titik keseimbangan benda.

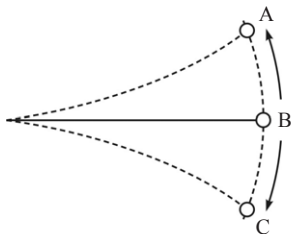
transversal : gelombang mekanis yang mempunyai arah getar tegak lurus arah rambatnya; gelombang ini mempunyai ciri adanya bukit dan lembah gelombang.

longitudinal	:	gelombang mekanis yang mempunyai arah getar sejajar arah rambatnya; gelombang ini mempunyai ciri adanya rapatan dan renggangan.
slinki	:	pegas yang panjang dan lentur; biasanya digunakan sebagai alat peraga rambatan gelombang.
gerak periodik	:	gerak selalu berulang dalam kala waktu tertentu dan selalu melalui titik keseimbangan.
simpangan	:	jarak partikel getar terhadap titik keseimbangannya.
frekuensi	:	banyaknya getaran yang terjadi dalam waktu 1 detik.
bukit gelombang	:	bagian gelombang transversal yang mempunyai nilai simpangan positif.
rapatan	:	bagian gelombang longitudinal yang jarak antarpartikel getarnya cenderung berdekatan.
panjang gelombang	:	jarak tempuh gelombang dalam 1 periode.
titik keseimbangan	:	kedudukan suatu partikel getar sebelum ada energi luar yang mengganggunya.
hertz	:	satuan frekuensi getar; dapat juga ditulis per detik.
amplitudo	:	simpangan terjauh suatu getaran.
periode	:	waktu yang diperlukan oleh suatu partikel untuk melakukan 1 kali getaran sempurna.

Uji Kompetensi

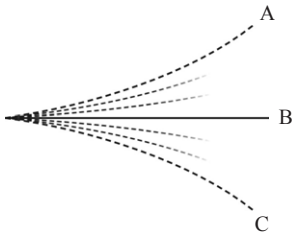
Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1.

   Pada gambar di atas yang dimaksud satu getaran penuh adalah gerakan dari ....
   a. ABC   c. ABCBA
   b. ABCB   d. ABAB

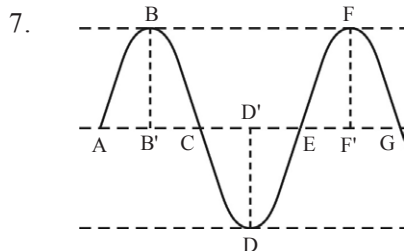
2. Dalam waktu 8 detik terjadi 12 kali getaran, frekuensi getarannya adalah ....
   a. 0,4 hertz   c. 4 hertz
   b. 1,5 hertz   d. 20 hertz

3. Frekuensi suatu getaran 5 Hz berarti dalam waktu 2 sekon jumlah getarannya adalah ....
   a. 2,5 getaran   c. 7 getaran
   b. 3 getaran   d. 10 getaran

4. Perhatikan gambar berikut.

Jika waktu yang diperlukan gerakan dari A ke B = 0,5 sekon, maka pernyataan yang benar adalah...
a. periode getaran = 1 sekon
b. periode getaran = 2 sekon
c. frekuensi getaran = 1 Hz
d. frekuensi getaran = 2 Hz

5. Periode suatu getaran 2 sekon. Berarti 10 kali getaran penuh memerlukan waktu ....
a. 5 sekon
b. 8 sekon
c. 12 sekon
d. 20 sekon

6. Faktor yang memengaruhi besar periode getaran pada ayunan sederhana adalah ....
a. amplitudo
b. simpangan
c. panjang tali
d. massa bandul

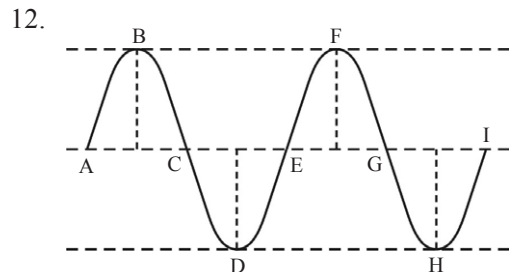
7.

Amplitudo getaran pada gambar di atas adalah ....
a. BB'
b. AB'
c. AB
d. AC

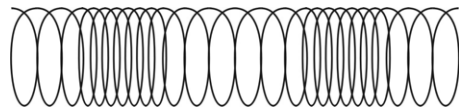
8. Dalam waktu 10 sekon terjadi 25 kali getaran, jumlah getaran yang terjadi dengan waktu 5 menit adalah ....
a. 35 getaran
b. 250 getaran
c. 750 getaran
d. 1.000 getaran

9. Dalam perambatannya gelombang memindahkan ....
a. energi
b. benda
c. zat perantara
d. massa zat

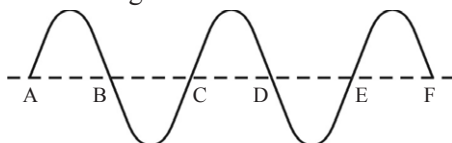
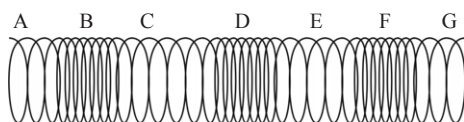
10. Gelombang yang arah getarannya tegak lurus dengan arah rambatannya disebut gelombang ....
a. mekanik
b. elektromagnetik
c. transversal
d. longitudinal

11. Jarak yang ditempuh gelombang setiap sekon disebut ....
a. panjang gelombang
b. rambatan gelombang
c. cepat rambat gelombang
d. simpangan gelombang

12.

Berdasarkan gambar di atas yang dimaksud satu gelombang adalah ....
a. jarak B sampai F
b. ABCDE
c. jarak B sampai B'
d. jarak A sampai I

13. Perhatikan gambar berikut ini.

Jenis gelombang dan jumlah gelombang berdasarkan gambar di atas adalah ....
a. gelombang longitudinal yang terdiri atas 2 gelombang
b. gelombang longitudinal yang terdiri atas 4 gelombang
c. gelombang longitudinal yang terdiri atas 5 gelombang
d. gelombang transversal yang terdiri atas 2 gelombang

14. Pada saat gelombang merambat, maka
    1. zat perantaranya ikut merambat
    2. yang merambat adalah energinya saja
    3. zat perantaranya tidak ikut merambat

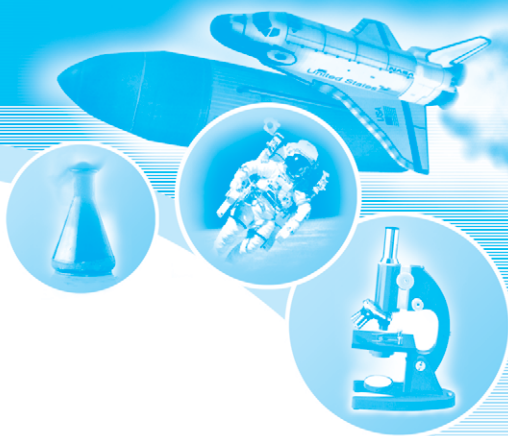
    Pernyataan yang benar adalah nomor.....
    a. 1 dan 2
    b. 2 dan 3
    c. 2 saja
    d. 3 saja
15. Perhatikan gambar berikut ini.

    Apabila panjang AF = 20 meter, maka panjang gelombang pada gambar di atas adalah ....
    a. 8 meter
    b. 10 meter
    c. 20 meter
    d. 40 meter
16. Suatu gelombang transversal merambat dengan cepat rambat 30 ms^{-1}. Dalam waktu 5 menit jarak yang ditempuh gelombang tersebut adalah ....
    a. 6 meter
    b. 150 meter
    c. 4.800 meter
    d. 9.000 meter
17. Jarak antara dasar gelombang yang terdekat adalah 4 meter maka panjang gelombangnya adalah ....
    a. 0,25 meter
    b. 2 meter
    c. 4 meter
    d. 8 meter
18. Suatu gelombang frekuensinya 50 Hz dan panjang gelombangnya 5 meter, maka cepat rambat gelombang tersebut adalah ....
    a. 10 ms^{-1}
    b. 250 ms^{-1}
    c. 300 ms^{-1}
    d. 500 ms^{-1}
19. Perhatikan gambar gelombang longitudinal berikut ini.

    Jika waktu yang diperlukan dari A ke G sebesar 12 sekon, maka frekuensi gelombang tersebut adalah ....
    a. 0,25 Hz
    b. 0,2 Hz
    c. 2 Hz
    d. 6 Hz
20. Sebuah gelombang merambat dengan kecepatan 250 ms^{-1}. Jarak yang ditempuh gelombang selama 5 sekon adalah ....
    a. 50 meter
    b. 250 meter
    c. 500 meter
    d. 1.250 meter

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Apakah yang dimaksud titik keseimbangan?
2. Suatu getaran mempunyai periode 5 detik (sekon). Tentukan frekuensinya.
3. Apakah yang dimaksud dengan gelombang?
4. Apakah perbedaan antara gelombang mekanik dengan gelombang elektromagnetik?
5. Berdasarkan arah rambatnya, sebut dan jelaskan macam-macam gelombang.
6. Apakah yang kamu ketahui tentang panjang gelombang?

7. Berapakah kecepatan rambat gelombang dari suatu gelombang yang mempunyai frekuensi 320 Hz dengan panjang gelombang 4,5 m?
8. Berapakah panjang gelombang yang dihasilkan oleh sebuah sumber gelombang yang memancarkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi 5,4 kHz dan kecepatan 1.080 ms^{-1}?
9. Hitunglah periode dan frekuensi suatu gelombang yang merambat dengan kecepatan 400 ms^{-1} dan panjang gelombang 800 cm.
10. Tentukan panjang gelombang tali jika cepat rambatnya 30 ms^{-1} dan frekuensinya 120 Hz.

Bab 17

BUNYI

(Sumber: *Jendela Iptek,* 2001)

Bunyi juga salah satu bentuk energi. Bunyi dapat memecahkan gelas anggur (gambar di samping). Hal itu terjadi jika frekuensi bunyi yang mengenai gelas sama dengan frekuensi alami gelas itu. Selain itu, jika seseorang penyanyi bernyanyi dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi alami gelas, maka gelas juga dapat bergetar dan jangan heran jika ada orang yang mampu membunyikan organ hanya dapat mengucapkan nada tertentu.

Fenomena yang ditunjukkan gelas itu akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan bunyi dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

❖ Pretest ❖

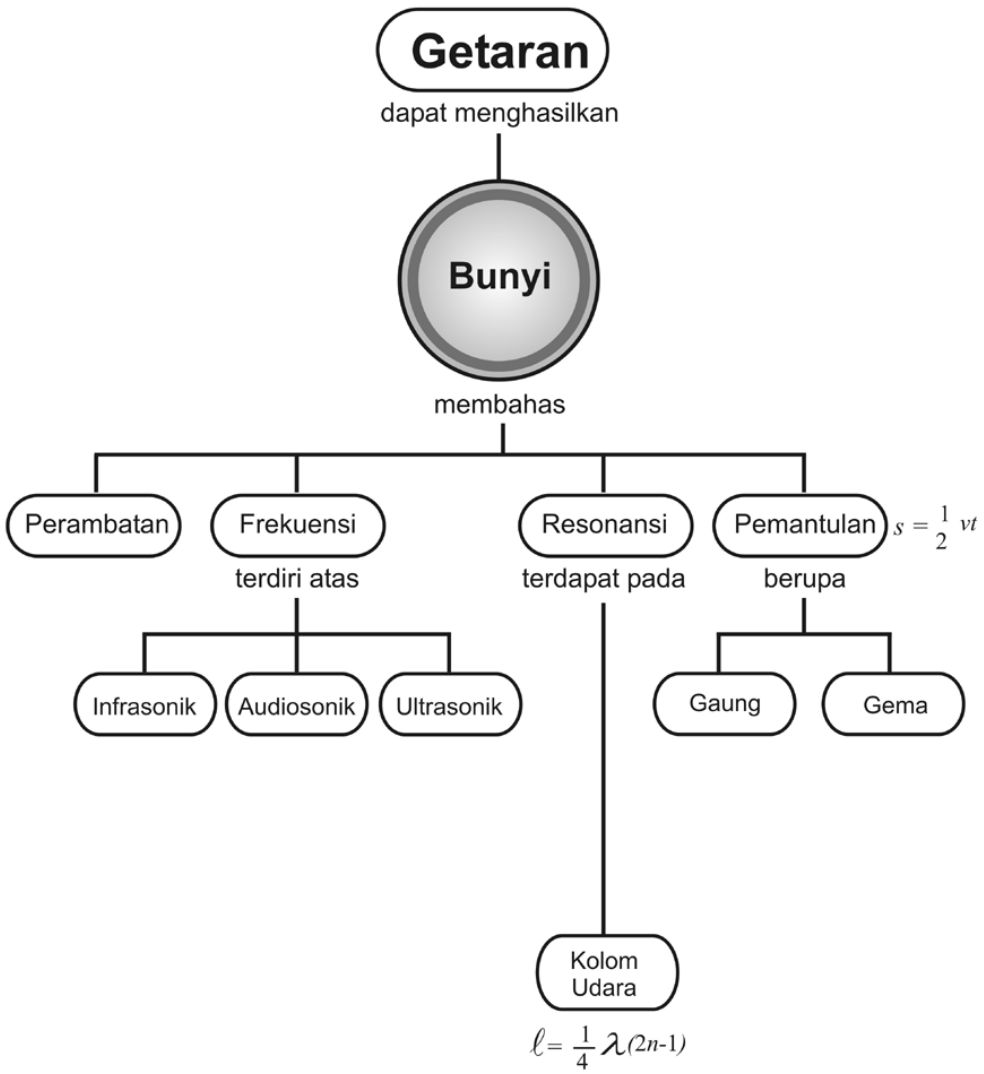
1. Apakah yang menyebabkan terdengarnya bunyi?
2. Bunyi bagaimanakah yang dapat kita dengar?
3. Permukaan bagaimanakah yang dapat memantulkan bunyi?

❖ Kata-Kata Kunci ❖

– audiosonik
– infrasonik
– resonansi
– ultrasonik

Getaran
dapat menghasilkan
Bunyi
membahas
Perambatan
Frekuensi
terdiri atas
Infrasonik
Audiosonik
Ultrasonik
Resonansi
terdapat pada
Kolom Udara
$\ell = \frac{1}{4}\lambda(2n-1)$
Pemantulan
$s = \frac{1}{2} vt$
berupa
Gaung
Gema

A. PENGERTIAN BUNYI

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalahdapat:
- *membedakan infrasonik, ultrasonik, dan audiosonik;*
- *memaparkan karakteristik gelombang bunyi.*

Pernahkah kamu memerhatikan bunyi yang biasa kamu dengar di sekitarmu? Jika ada sumber bunyi di dekatmu, cobalah kamu merabanya. Apa yang kamu rasakan? Terjadinya bunyi diawali dengan adanya suatu getaran. Getaran tersebut merambat menjadi gelombang bunyi hingga sampai ke telinga kita. Gelombang bunyi berbentuk gelombang longitudinal.

Jika kamu meraba speaker saat berbunyi, akan kamu rasakan bahwa lapisan (membran) speaker ikut bergetar. Getaran ini akan menggetarkan partikel-partikel udara di sekitarnya. Oleh udara getaran itu, dihantarkan ke telinga dalam bentuk gelombang longitudinal.

1. Bunyi Merambat Memerlukan Zat Antara dan Waktu

Berdasarkan percobaan seperti ditunjukkan Gambar 17.1, bel listrik dimasukkan dalam sungkup pompa udara (P). Selanjutnya bel dibunyikan, kemudian udaranya kita pompa keluar. Ternyata makin lama suara bel makin lemah dan akhirnya tak terdengar lagi, padahal pemukul masih bergerak terus. Ini membuktikan bahwa agar dapat didengar, bunyi memerlukan udara sebagai zat antara (zat perambat bunyi). Jadi, bunyi dapat terdengar di telinga jika terdapat sumber bunyi (getaran) dan medium.

Keterangan:
P = Pompa udara
S = Sungkup dari kaca
B = Bel listrik

▲ Gambar 17.1 Bel listrik

Secara universal (umum) zat perantara yang diperlukan bunyi adalah udara, tetapi bunyi dapat pula merambat melalui zat antara yang lain, misalnya air. Pada waktu menyelam kita memukul-mukulkan batu, maka suara pukulan itu akan terdengar. Adapun, bukti bahwa bunyi dapat merambat melalui zat padat, yaitu jika kita menempelkan telinga pada pagar besi panjang. Jika ujung dipukul secara sangat pelan, kita dapat mendengarkan pukulan dengan cara telinga tertempel di ujung pagar besi yang lain.

Bagaimanakah kelajuan bunyi pada medium atau materi sama tetapi suhunya berbeda? Penelitian yang dilakukan oleh ilmuwan Belanda, Moll dan Van Beek membuktikan bahwa makin tinggi suhu makin tinggi kelajuan bunyi. Jika gelombang bunyi memasuki dua lapisan udara yang berbeda, maka bunyi akan dibelokkan ke lapisan yang lebih rendah suhunya. Perhatikan Gambar 17.2.

▲ Gambar 17.2 Pembelokan bunyi

Tabel 17.1 Kelajuan bunyi di berbagai materi pada suhu 20°C dan tekanan 1 atm.

Materi	Laju (ms^{-1})
Udara (O°C)	331
Udara	343
Helium	1.005
Hidrogen	1.300
Air	1.440
Air laut	1.560
Besi dan baja	5.000
Kaca	4.500
Aluminium	5.100
Kayu keras	4.000

Sumber: *Fisika,* 2001

2. Bunyi Merambat Membutuhkan Waktu Tertentu

Pernahkah kamu melihat orang memukul (membelah) batu atau memukul beduk dari tempat yang jauh? Alat pemukul sudah mengenai bedug, tetapi suaranya belum terdengar. Hal ini membuktikan bahwa bunyi merambat memerlukan waktu. Bukti lain, yaitu pada waktu ada guruh (halilintar) terlebih dahulu terlihat kilat, beberapa saat kemudian baru terdengar bunyi halilintar. Itu semua merupakan bukti bahwa bunyi memerlukan waktu dalam perambatannya.

3. Daerah Frekuensi Bunyi

Tahukah kamu, mengapa orang dapat mendengar bunyi? Untuk mengetahui jawabnya, ikutilah uraian berikut. Proses terdengarnya bunyi adalah sebagai berikut. Bunyi dari sumber menggetarkan udara, getaran merambat di udara dalam bentuk gelombang longitudinal, diterima oleh telinga, menggetarkan selaput pendengar dan diubah menjadi isyarat-isyarat listrik, diteruskan ke otak, akhirnya orang mendengar bunyi. Jadi, syarat-syarat agar bunyi dapat didengar adalah adanya sumber bunyi dengan frekuensi antara 20 Hz – 20.000 Hz, ada zat antara (medium), dan yang bersangkutan berpen-dengaran normal.

Infrasonik adalah bunyi yang frekuensinya kurang dari 20 Hz. Telinga manusia yang normal tak dapat mendengar bunyi yang frekuensinya kurang dari 20 Hz. Binatang seperti anjing dan jengkerik dapat mendengar infrasonik. *Audiosonik* adalah bunyi yang frekuensinya antara 20 Hz sampat dengan 20.000 Hz. Adapun, *ultrasonik* adalah bunyi yang frekuensinya lebih dari 20.000 Hz. Telinga manusia yang normal tak dapat mendengar bunyi yang frekuensinya lebih dari 20.000 Hz. Binatang seperti ikan lumba-lumba dan kelelawar dapat menimbulkan atau mendengar ultrasonik ini. Ultrasonik dimanfaatkan dalam industri susu, industri makanan dalam kaleng, industri peleburan, dan campuran logam.

Dalam cerita film fiksi, di luar angkasa terjadi tabrakan antara meteor dengan pesawat luar angkasa. Tabrakan itu menghasilkan ledakan dan suara dahsyat. Cari kesalahan penggambaran film tersebut ditinjau melalui fisika.

Latihan

1. Apa syarat terdengarnya bunyi oleh seseorang?
2. Mengapa pada pagi hari bunyi dari sumber yang sama terdengar lebih keras daripada siang hari?

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *menunjukkan gejala resonansi dalam kehidupan sehari-hari;*
- *merencanakan percobaan untuk mengukur laju bunyi.*

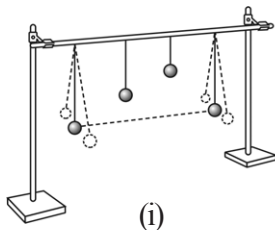
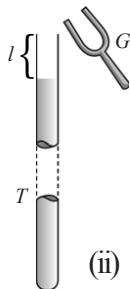
B. RESONANSI

Tahukah kamu mengapa pada batang seruling mempunyai lobang-lobang tertentu? Mengapa nada bunyinya dapat berbeda dengan membuka atau menutup lobang itu? Seruling dapat mengeluarkan bunyi karena di dalamnya terjadi resonansi bunyi. Resonansi ialah peristiwa turut bergetarnya suatu benda karena pengaruh benda lain

yang bergetar pula. Contohnya bunyi gitar terdengar kuat karena rongga udara di dalamnya ikut bergetar. Begitu pula bunyi kentongan terdengar kuat karena dibuat oleh kolom udara dalam kentongan yang berbunyi. Untuk mempelajari terjadinya resonansi cobalah melakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya buatlah satu kelompok terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 17.1

Tujuan: Mengamati terjadinya resonansi pada ayunan, dan pada kolom udara.

Alat dan Bahan:
- Statif
- Tali
- Beban
- Tabung resonansi
- Garputala

(i)

(ii)

I. Pada Ayunan

Cara Kerja:

1. Pasanglah alat-alat seperti pada Gambar (i).
   Usahakan ada dua utas tali yang sama panjang, sedangkan sisa panjangnya berbeda.
2. Ayunkan satu demi satu beban-beban tersebut.
3. Amatilah, adakah beban lain itu memengaruhi beban lain.
4. Nyatakan kesimpulanmu dalam buku kerjamu.

II. Pada Kolom Udara

Cara Kerja:

1. Isilah tabung resonansi T dengan sedikit air seperti pada Gambar (ii).
2. Getarkan garputala G, kemudian dekatkan pada lubang (mulut) tabung sambil menambahkan air sedikit demi sedikit.
3. Dengarkan bunyi garputala. Pada suatu saat, mendengar bunyi garputala menjadi nyaring, hentikan penambahan air.
4. Ukurlah panjang kolom udara saat itu.
5. Cobalah mengulangi menggetarkan garputala hingga terjadi bunyi nyaring kedua. Saat itu ukurlah panjang kolom udara.
6. Nyatakan kesimpulanmu dalam buku kerjamu.

Jika kamu melakukan kegiatan-kegiatan di atas dengan tepat dan benar, kamu akan mendapatkan kesimpulan berikut.

1. Untuk ayunan, resonansi terjadi jika panjang tali ayunan sama.
2. Untuk kolom udara resonansi terjadi apabila panjang kolom udara merupakan kelipatan ganjil dari panjang gelombang (sumber getar).

Resonansi pada kolom udara dapat ditulis dalam rumus

$$l = \left(\frac{1}{4}\lambda\right)(2n-1)$$

Dengan: λ = panjang gelombang (m)

l = panjang kolom udara (m)

n = bilangan bulat yang menyatakan resonansi ke 1,2,3, dan seterusnya

Persamaan resonansi pada kolom udara seperti digunakan untuk mencari cepat rambat bunyi di suatu tempat. Ingat kembali persamaan cepat rambat gelombang pada Bab 16 Untuk lebih jelasnya perhatikan contoh soal berikut.

Contoh

Pada saat kolom udara di atas tabung = 20 cm getaran dari suatu sumber bunyi terdengar nyaring (terjadi resonansi yang pertama). Jika garputala yang digunakan sebagai sumber bunyi mempunyai frekuensi 425 Hz, berapakah besar cepat rambat bunyi saat itu?

Penyelesaian:

Diketahui : l = 20 cm

n = 1

f = 425 Hz

Ditanyakan : v = ...?

Jawab :

$$l = \frac{1}{4}\lambda(2 \times n - 1)$$

$$20 \text{ cm} = \frac{1}{4}\lambda(2 \times 1 - 1)$$

$$20 \text{ cm} = \frac{1}{4}\lambda(2 - 1)$$

$$20 \text{ cm} = \frac{1}{4}\lambda$$

$$\lambda = (20 \times 4) \text{ cm}$$

$$\lambda = 80 \text{ cm}$$

$$\lambda = 0{,}8 \text{ m}$$

$$v = \lambda f$$

$$= 0{,}8 \text{ m} \times 425 \text{ Hz}$$

$$= 340 \text{ ms}^{-1}$$

Jadi, cepat rambat bunyi = 340 ms^{-1}

Latihan

1. Apakah yang disebut resonansi?
2. Seorang siswa mencoba menghitung cepat rambat bunyi. Dia menggunakan garputala berfrekuensi 440 Hz. Garputala digetarkan di ujung tabung resonansi. Pada saat kolom udara mencapai tinggi 18,75 cm terdengar bunyi mendengung pertama kalinya. Berapakah cepat rambat bunyi saat itu?

C. PEMANTULAN BUNYI

Tujuan Pembelajaran

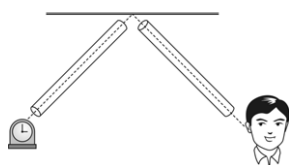
Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
memberikan contoh pemanfaatan dan dampak pemantulan bunyi dalam kehidupan sehari-hari.

Pada pembelajaran Bab 16 kamu telah mempelajari bahwa gelombang dapat dipantulkan. Oleh karena bunyi merupakan gelombang, tentu saja bunyi juga dapat dipantulkan. Untuk mempelajari pemantulan bunyi, maka cobalah kamu melakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 17.2

Tujuan: Mengamati terjadinya pemantulan bunyi.

Alat dan Bahan:

– Pipa plastik (pralon)
– Jam weker
– Busur derajat

Cara Kerja:

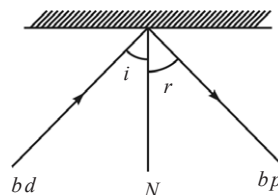
1. Sediakan pipa plastik 2 buah dan sebuah jam weker.
2. Susunlah ketiganya seperti gambar di samping. Usahakan sudut yang dibentuk kedua pipa terhadap dinding sama.
3. Dengarkan detak jam melalui ujung pipa seperti pada gambar.
4. Cobalah sudut salah satu pipa diubah.
5. Ulangi langkah nomor 2, tetapi dengan kemiringan sudut berbeda.

Pertanyaan:

1. Keadaan sudut pipa yang bagaimanakah pada percobaan ini kamu dapat mendengarkan dengan jelas detak jam?
2. Nyatakan kesimpulan kelompokmu dalam buku kerjamu.

Jika kegiatan di atas kamu lakukan dengan tepat dan benar akan kamu dapatkan bahwa pemantulan bunyi pada dinding yang keras memenuhi aturan, yaitu:

1) Bunyi datang (d) garis normal (N), dan bunyi pantul (p) terletak dalam satu bidang datar.
2) sudut datang (i) = sudut pantul (r).

i r bd N bp

▲ Gambar 17.3 Hukum

Macam-Macam Bunyi Pantul

Adakah ruangan besar atau aula di sekolahmu? Cobalah kamu berteriak di dalam ruangan itu. Bandingkan ketika kamu berteriak di tanah lapang. Manakah yang terdengar lebih jelas?

Ketika berteriak di dalam ruangan, suaramu terhalang dinding. Akibatnya terjadi pantulan bunyi. Bunyi atau suara pantul ada yang bersifat mengganggu dan ada yang tak mengganggu bunyi asli. Berikut ini akan diuraikan kedua jenis bunyi pantul tersebut.

a. *Gaung (Kerdam)*

Jika kamu berteriak di ruangan yang tidak begitu luas, kamu akan mendengar adanya gaung. Yang dimaksud gaung ialah bunyi pantul yang sebagian masuk dengan bunyi asli, atau bunyi pantul yang datang sebelum bunyi asli selesai diucapkan. Gaung terjadi pada ruangan besar, dengan ketentuan jarak antara dinding pemantul dengan sumber bunyi agak jauh.

Misalnya kita mengucapkan : "Tsunami"

Bunyi asli : Tsu - na - mi

Bunyi pantul : Tsu - na - mi

Gaung : Tsu - .... - mi

Tak jelas

Gaung bersifat mengganggu bunyi asli. Untuk menghilangkan gaung digunakan peredam bunyi, seperti kain bulu (wool), karet busa, hardboard, gabus, atau tripleks. Di gedung yang bagus tata suaranya, tidak akan terjadi gaung.

b. *Gema (Ekho) atau Kumandang*

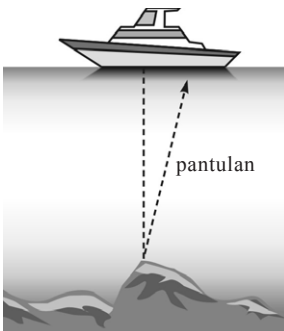
Kamu sudah mengetahui bahwa yaung terjadi di ruangan yang tidak begitu luas. Adapun, gema terjadi di ruangan atau tempat yang lebih luas. Misalnya di perbukitan. Yang dimaksud gema ialah bunyi pantul yang datang (masuk) setelah bunyi asli selesai diucapkan. Gema memperjelas bunyi asli. Gema terjadi jika jarak sumber bunyi dengan dinding pemantul cukup jauh (lebih jauh daripada dinding pemantul pada gaung).

Contoh:

1) Kita mengucapkan bunyi "Hai!" Di hadapan kita terdapat bukit batu, yang jaraknya jauh. Beberapa saat kemudian bunyi pantul "Hai!" jelas terdengar
2) Kita ucapkan:

   Bunyi asli : Ja – kar – ta

   Bunyi pantul : Ja – kar – ta

   Terdapat gema dua suku kata : karta

▲ Gambar 17.4 Mengukur kedalaman laut

Meskipun ada yang merugikan, gema dapat dimanfaatkan untuk mengukur jarak suatu tempat. Caranya, yaitu menggunakan rumus

$$s = \frac{v \times t}{2}$$

Dengan: s = jarak sumber bunyi dengan dinding pemantul (m).

v = cepat rambat bunyi (ms^{-1}).

t = waktu antara bunyi asli dengan gema (s).

Contoh penggunaan gema antara lain sebagai berikut.

1) Pengukuran kedalaman gua.
   Sumber suara (s) mengirimkan bunyi, dalam selang beberapa saat s akan menerima kembali bunyi pantulannya.
2) Pengukuran kedalaman laut.
   Pada kapal laut dilengkapi dengan alat getaran (osilator) dan alat penerima getaran (hidrofon).

Contoh

Dari osilator dikirim getaran 2,5 detik, kemudian ditangkap kembali di hidrofon. Cepat rambat bunyi di air laut 1.700 ms^{-1}. Hitung kedalaman air laut itu.

Penyelesaian:

Diketahui: t = 2,5 s

v = 1.700 ms^{-1}

Ditanyakan: s = ...?

Jawab: $s = \frac{v \times t}{2}$

$= \frac{1.700\, ms^{-1} \times 2,5\, s}{2} = 2.125$ m

Jadi, kedalaman laut = 2.125 m

Tugas Mandiri

Tujuan : Membuktikan perambatan bunyi melalui udara.

Proses perambatan bunyi terjadi diawali di adanya getaran. Getaran itu mengenai partikel-partikel udara yang selanjutnya diteruskan secara berkesinambungan.

Alat dan Bahan:

– Botol plastik bekas
– Lembaran plastik
– Gelang karet
– Lilin

Cara Kerja:

Gunakan botol plastik sebagai wadah rambatan partikel udara. Gantilah pangkal botol dengan lembaran plastik. Untuk mengetahui adanya gerakan partikel udara gunakan nyala api lilin. Arahkan ujung botol pada nyala api lilin. Apa yang terjadi jika pangkal botol (lembaran plastik) kamu pukul secara perlahan? Presentasikan percobaan rancanganmu di muka kelas.

Rangkuman

1. Bunyi ditimbulkan oleh benda yang bergetar. Bunyi didengar jika ada sumber bunyi, medium perantara, dan indra pendengar yang baik.
2. Cepat rambat bunyi dipengaruhi oleh suatu zat perantara. Cepat rambat bunyi dapat ditulis dalam bentuk rumus $v = \frac{s}{t}$.

3. Berdasarkan daerah frekuensinya, bunyi dibedakan menjadi tiga, yaitu infrasonik, ultrasonik, dan audiosonik. Bunyi yang masih ditangkap indra manusia mempunyai daerah frekuensinya 20 – 20.000 Hz (daerah audiosonik).
4. Resonansi ialah peristiwa turut bergetarnya suatu benda karena pengaruh getaran benda lain.
5. Gaung ialah bunyi pantul yang datangnya sebelum bunyi asli selesai diucapkan.
6. Gema ialah bunyi pantul yang datangnya setelah bunyi asli selesai diucapkan.

Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Proses terdengarnya bunyi.
2. Mengelompokkan bunyi berdasarkan frekuensinya.
3. Mengetahui kelajuan bunyi di suatu medium.
4. Pengertian resonansi.

Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu. Setelah paham, maka pelajarilah bab selanjutnya.

Glosarium

tinggi rendah bunyi : keadaan bunyi yang dipengaruhi oleh frekuensi getar sumber bunyi; frekuensi tinggi akan menghasilkan bunyi tinggi begitu sebaliknya.

kuat lemah bunyi : keadaan bunyi yang dipengaruhi oleh amplitudo getar.

infrasonik : bunyi yang mempunyai frekuensi kurang dari 20 Hz.

ultrasonik : bunyi yang mempunyai frekuensi lebih dari 20 kHz.

audiosonik : bunyi yang mempunyai frekuensi antara 20 Hz–20 kHz.

supersonik : laju gerak suatu benda yang melebihi kecepatan suara.

tangga nada : susunan nada-nada dari c ke c'.

interval nada : perbandingan frekuensi nada-nada.

sonometer : seperangkat alat yang digunakan untuk mengamati frekuensi dari dawai atau senar.

resonansi : ikut bergetarnya suatu benda akibat pengaruh getaran benda lain.

gaung	: bunyi pantul yang bersifat mengganggu bunyi asli; hal itu disebabkan jarak pendengar dengan pemantul tidak begitu jauh.
gema	: bunyi pantul yang dapat memperjelas bunyi asli; hal itu terjadi karena jarak pendengar dengan pemantul cukup jauh.
osilator	: mesin pembangkit getaran.

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. Sumber bunyi adalah ....
   a. getaran c. frekuensi
   b. gelombang d. udara
2. Berikut ini yang *bukan* syarat terjadinya bunyi adalah ....
   a. ada sumber bunyi
   b. ada medium
   c. ada speaker
   d. ada pendengar
3. Bunyi yang mempunyai frekuensi di bawah 20 Hz disebut ....
   a. ultrasonik c. audiosonik
   b. infrasonik d. supersonik
4. Ditinjau dari arah rambat dan arah getarnya, gelombang bunyi termasuk gelombang ....
   a. elektromagnet c. transversal
   b. mekanik d. longitudinal
5. Bunyi yang dapat didengar manusia disebut ....
   a. infrasonik c. ultrasonik
   b. audiosonik d. supersonik
6. Makin jauh sumber bunyi, bunyi terdengar makin lemah. Berarti ....
   a. frekuensinya mengecil
   b. periodenya mengecil
   c. panjang gelombangnya mengecil
   d. amplitudonya mengecil
7. Getaran yang dapat didengar manusia mempunyai frekuensi ....
   a. kurang dari 20 Hz
   b. 20 Hz sampai 20 kHz
   c. 20 kHz sampai 20.000 kHz
   d. lebih dari 20 kHz
8. Peristiwa ikut bergetarnya suatu benda akibat pengaruh getaran benda lain disebut ....
   a. nada c. resonansi
   b. gema d. gaung
9. Bunyi pantul yang sebagian terdengar bersamaan dengan bunyi asli disebut ....
   a. gaung c. resonansi
   b. desah d. gema
10. Jika bedug dipukul dengan palu, bunyi yang dihasilkan terdengar lebih keras. Hal ini disebabkan ....
    a. udara di dalam bedug beresonansi
    b. di dalam bedug tidak ada udara
    c. kayu pada bedug bergetar
    d. selaput tipis pada bedug bergetar
11. Syarat agar terjadinya resonansi adalah ....
    a. medium sama
    b. frekuensi sama
    c. amplitudo sama
    d. panjang gelombang sama

12. Cepat rambat bunyi bergantung pada ....
    a. suhu
    b. jenis medium
    c. massa jenis medium
    d. tekanan
13. Pernyataan yang benar di bawah ini adalah ....
    a. gaung adalah bunyi pantul yang hanya sebagian terdengar
    b. gema adalah bunyi pantul yang terdengar setelah bunyi asli
    c. bunyi gaung lebih jelas daripada bunyi gema
    d. bunyi gema lebih jelas daripada bunyi gaung
14. Di bawah ini yang *bukan* peredam bunyi adalah ....
    a. karpet c. gabus
    b. kardus d. seng
15. Hewan berikut yang dapat mengeluarkan bunyi ultrasonik adalah ....
    a. kuda c. kelelawar
    b. ular d. buaya
16. Manusia hanya dapat mendengar bunyi pada frekuensi ....
    a. kurang dari 20 Hz
    b. lebih dari 20 kHz
    c. antara 20 Hz hingga 20 kHz
    d. 20.000 kHz
17. Dalam suatu percobaan menentukan tinggi rendahnya nada digunakan empat garputala. Masing-masing garputala A, B, C, D berfrekuensi 512 Hz, 596 Hz, 625 Hz, dan 286 Hz. Jika semua garputala digetarkan dengan amplitudo sama, urutan garputala yang menghasilkan nada tinggi ke rendah adalah ....
    a. C, B, A, D c. D, C, B, A
    b. A, B, C, D d. D, B, A, C
18. Kedalaman laut akan diukur dengan teknik pantulan ultrasonik. Getaran pulsa elektronik yang dipancarkan dari kapal diterima kembali oleh penerima di kapal 4 detik kemudian. Cepat rambat bunyi dalam air laut 1.450 ms^{-1}. Kedalaman laut tersebut adalah ....
    a. 350 m c. 2.900 m
    b. 700 m d. 56.000 m
19. Pada percobaan tabung resonansi, tinggi kolom udara dalam tabung pada saat sumber bunyi beresonansi pertama 0,19 m. Jadi, panjang gelombang sumber bunyi adalah ....
    a. 0,19 m c. 0,57 m
    b. 0,38 m d. 0,76 m
20. Perbedaan antara gaung dan gema yang benar adalah ....
    a. pada gaung bunyi pantul terdengar jelas setelah bunyi asli, sedangkan pada gema bunyi pantul terdengar tidak jelas setelah bunyi asli
    b. waktu antara bunyi asli dan bunyi pantul pada gema lebih singkat, sedangkan pada gaung lebih lama
    c. bunyi pantul pada gema hanya sebagian bersamaan bunyi asli, sedangkan pada gaung bunyi asli terdengar dua kali
    d. pada gaung bunyi pantul mengganggu bunyi asli, sedangkan pada gema bunyi pantul tidak mengganggu bunyi asli

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sebutkan minimal tiga syarat bunyi yang dapat kita dengar.
2. Mengapa kondisi di bulan tidak dapat terdengar bunyi?
3. Cepat rambat bunyi di udara 330 ms^{-1}, bunyi terdengar dari sumber bunyi sampai pada pendengar pada jarak 825 m. Berapa waktu yang diperlukan bunyi untuk menempuh jarak tersebut?
4. Guntur terdengar 3 detik setelah terlihatnya kilat. Berapa jarak guntur dari pengamat, jika cepat rambat bunyi di udara 330 ms^{-1}?
5. Apakah yang dimaksud dengan audiosonik?

Bab 18

CAHAYA

Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

Menurut cerita dari mulut ke mulut, pelangi adalah jalan para bidadari sewaktu turun ke bumi. Anehnya, mengapa jalan para bidadari itu hanya terlihat jika kita membelakangi matahari dan di depan kita hujan baru berhenti atau ada air terjun. Kejanggalan dan kebenaran itu dapat kita buktikan setelah mempelajari sifat-sifat cahaya. Sangat menarik bukan jika kita belajar dengan mengaitkan peristiwa alam?

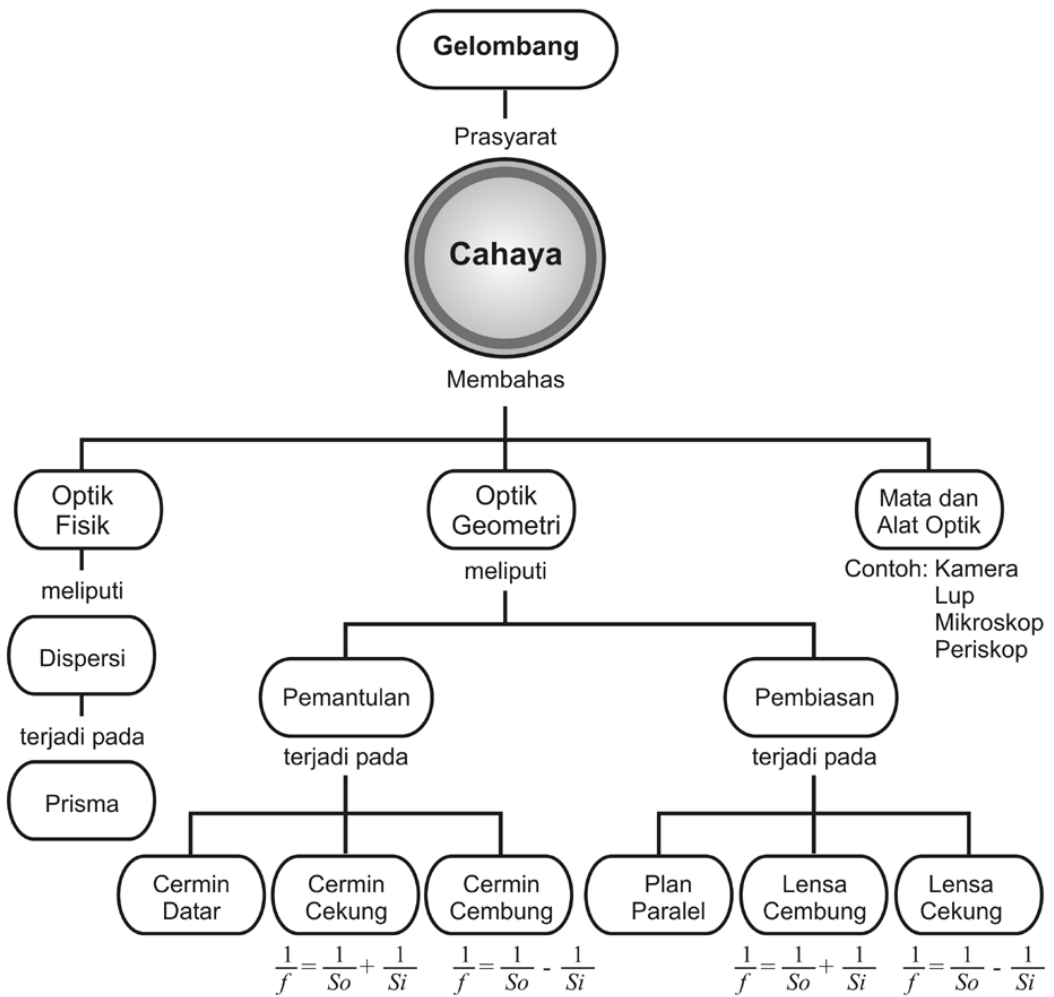
Fenomena yang ditunjukkan pelangi itu akan kamu pelajari pada bab ini. Pada bab ini kamu akan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan sifat cahaya yang berhubungan dengan berbagai bentuk cermin dan lensa serta alat-alat optik yang berkaitan dengan cahaya

❖ Pretest ❖

1. Permukaan bagaimanakah yang dapat memantulkan cahaya dengan sempurna?
2. Bagaimanakah arah rambat cahaya?
3. Di suatu medium optis, cahaya dapat terbelok arahnya. Bagaimana arahnya setelah keluar dari medium tersebut?
4. Sebutkan alat-alat optik yang pernah kamu ketahui.

❖ Kata-Kata Kunci ❖

- akomodasi mata
- daya lensa
- dispersi
- indeks bias
- pemantulan
- pembiasan
- prisma
- titik dekat
- titik jauh

Gelombang
Prasyarat
Cahaya
Membahas
Optik Fisik
meliputi
Dispersi
terjadi pada
Prisma
Optik Geometri
meliputi
Pemantulan
terjadi pada
Cermin Datar
Cermin Cekung
$\frac{1}{f} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$
Cermin Cembung
$\frac{1}{f} = \frac{1}{So} - \frac{1}{Si}$
Pembiasan
terjadi pada
Plan Paralel
Lensa Cembung
$\frac{1}{f} = \frac{1}{So} + \frac{1}{Si}$
Lensa Cekung
$\frac{1}{f} = \frac{1}{So} - \frac{1}{Si}$
Mata dan Alat Optik
Contoh: Kamera
Lup
Mikroskop
Periskop

Pada bab sebelumnya kamu telah mempelajari tentang gelombang. Gelombang mekanis dalam perambatannya memerlukan zat (medium) perantara. Selain gelombang mekanis, ada jenis gelombang lain yang ketika merambat tidak memerlukan zat perantara. Gelombang ini dikenal dengan nama gelombang elektromagnet. Cahaya merupakan gelombang elektromagnet, tetapi jika ditinjau dari arah rambatnya, cahaya termasuk gelombang transversal. Kamu telah mempelajari salah satu sifat gelombang, yaitu gelombang dapat dipantulkan. Selain dapat dipantulkan (refleksi), gelombang juga dapat dibiaskan (refraksi). Pada bab ini akan dipelajari sifat pemantulan cahaya dan pembiasan cahaya.

A. SIFAT CAHAYA

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
menunjukkan perambatan cahaya.

Pada waktu di dalam ruang kelas, bisakah kamu melihat pemandangan di luar kelas yang terhalang dinding? Tentunya kamu tidak bisa melihat pemandangan di luar kelas karena cahaya dari benda-benda di seberang dinding kelas terhalang oleh dinding. Akibatnya, mata tidak dapat menangkap cahaya itu.

Dapatkah kamu membayangkan apa yang terjadi seandainya cahaya dapat merambat tidak lurus?

Oleh karena sinar itu merambat lurus, maka benda tak tembus cahaya yang dikenai cahaya akan menghasilkan ruangan gelap yang disebut bayang-bayang. Bayang-bayang itu terjadi di belakang benda.

Bayang-bayang yang terjadi di belakang benda dibedakan menjadi bayang-bayang umbra dan penumbra.

1. Bayang-bayang umbra (inti), yaitu bayang-bayang gelap yang tidak mendapat cahaya sedikitpun;
2. Bayang-bayang penumbra (tambahan), yaitu bayang-bayang yang masih mendapat sebagian sinar sehingga terlihat remang-remang.

Sumber: *Ensiklopedi Iptek*, 2004

▲ Gambar 18.1 Bayang-bayang

B. PEMANTULAN CAHAYA

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *menjelaskan hukum pemantulan;*
- *mendeskripsikan proses pembentukan dan sifat-sifat bayangan pada cermin datar, cermin cekung, dan lensa cekung.*

Kita dapat melihat benda jika ada sinar dari benda yang masuk ke mata kita. Sinar berasal dari benda itu sendiri (sebagai sumber cahaya) atau sinar yang dipantulkan oleh benda itu (sebagai benda gelap). Jadi, pada saat melihat benda, mata tidak mengeluarkan sinar. Bisakah kamu membuktikan pernyataan ini?

Dapatkah kamu menjelaskan perbedaan pantulan sinar dari air beriak dan air tenang? Menurut bentuk permukaan bidang pantul, pemantulan cahaya dibedakan menjadi dua, yaitu pemantulan difus dan pemantulan teratur.

▲ Gambar 18.2 Pemantulan difus

▲ Gambar 18.3 Pemantulan teratur

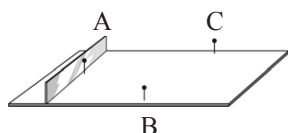
Pantulan baur atau difus adalah pemantulan ke segala arah. Pemantulan ini terjadi jika permukaan benda yang memantulkan cahaya tidak rata, misalnya pemantulan pada tanah (perhatikan Gambar 18.2). Pemantulan difus memberi kesan rindang.

Pemantulan searah terjadi jika permukaan dari benda yang memantulkan cahaya rata, misalnya pemantulan oleh cermin datar (perhatikan Gambar 18.3). Sama halnya dengan gelombang bunyi, cahaya juga mengalami pemantulan. Pada cahaya juga berlaku hukum pemantulan. Orang yang pertama kali meneliti pemantulan cahaya adalah Wilbrodus Snellius. Untuk memahami hukum pemantulan, cobalah kamu melakukan kegiatan berikut secara kelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 18.1

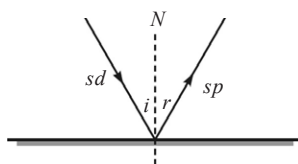
Tujuan: Mengamati terjadinya pemantulan cahaya.

Alat dan Bahan:

- Cermin datar
- Jarum pentul
- Kertas HVS
- Busur derajat
- Alat tulis

Cara Kerja:

1. Siapkan cermin datar, kertas, jarum pentul, alat tulis, dan busur derajat.
2. Susunlah cermin di atas kertas, seperti gambar berikut.
3. Tancapkan jarum pentul A dan B. Selanjutnya, tancapkan jarum C, sehingga antara jarum C, B, dan A berimpit jika dilihat dari C.
4. Ukurlah sudut yang dibentuk antara permukaan cermin dan garis penghubung AB. Begitu pula antara cermin dengan garis penghubung CB.
5. Ulangi langkah nomor 3 dan dengan mengubah letak jarum A.

Pertanyaan:

1. Selalu sama besarkah kedua pasangan sudut dalam percobaan ini?
2. Nyatakan kesimpulanmu dalam buku kerjamu.

sd = sinar datang
sp = sinar pantul
i = sudut datang
r = sudut pantul
N = garis normal

▲ Gambar 18.4 Hukum pemantulan cahaya

Jika kegiatan di atas kamu kerjakan dengan teliti dan benar kamu akan mendapatkan Hukum Snellius sebagai berikut.

a. *Sinar datang, garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang datar.*
b. *Sudut datang (i) = sudut pantul (r).*

Bayangan suatu benda terbentuk dari sinar-sinar pantul atau perpanjangan sinar-sinar pantul. Dapat pula terbentuk dari sinar-sinar bias atau perpanjangan sinar bias. Dengan demikian, bayangan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu bayangan nyata dan bayangan maya.

Bayangan nyata (sejati, riil, dan positif) ialah bayangan yang terjadi karena perpotongan sinar-sinar pantul atau sinar bias. Bayangan ini dapat ditangkap di layar. Contohnya bayangan pada layar bioskop. Adapun bayangan maya (semu, virtuil, dan negatif) ialah bayangan yang terjadi karena perpotongan perpanjangan sinar pantul atau perpanjangan sinar bias. Bayangan maya tidak dapat ditangkap layar. Contohnya, bayangan pada cermin datar dan bayangan pada kaca spion.

Sumber: *Dok. Penerbit*

▲ Gambar 15.5 Pemantulan pada cermin datar

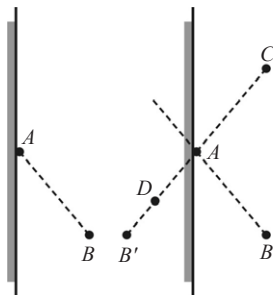
1. Pemantulan pada Cermin Datar

Pernahkah kamu memerhatikan dirimu sewaktu bercermin? Bayanganmu pada cermin akan memiliki ukuran yang sama dengan ukuranmu. Jadi, bayanganmu akan bersifat *maya* dan *simetris*. Tetapi, tahukah kamu mengapa bayangan tangan kananmu seakan-akan menjadi tangan kiri?

Untuk mengetahui pembentukan bayangan pada cermin datar, cobalah kamu melakukan kegiatan berikut secara berkelompok. Sebelumnya bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 18.2

Tujuan: Mengamati proses pembentukan bayangan

Alat dan Bahan:
- Cermin datar
- Alat tulis
- Jarum pentul
- Kertas

Cara Kerja:
1. Sediakan cermin datar, alat tulis, dan beberapa jarum.
2. Pasanglah jarum A pada permukaan cermin.
3. Pasang pula jarum B seperti gambar selanjutnya pasanglah jarum C sehingga antara bayangan B (B'), jarum A, dan jarum C terletak pada satu garis lurus.
4. Akhirnya, pasanglah jarum D di belakang cermin, sehingga antara B', D, A, dan C tetap terletak pada garis lurus. Ambil cermin lalu hubungkan titik-titik itu dengan penggaris.
5. Anggaplah garis AB sebagai sinar datang. Garis AC sebagai sinar pantul.

Pertanyaan:
1. Apa yang dapat kamu simpulkan tentang bayangan jarum itu?
2. Berlakukah hukum pemantulan pada percobaanmu itu?
3. Bandingkan pengamatan kelompokmu dengan pengamatan kelompok lain.

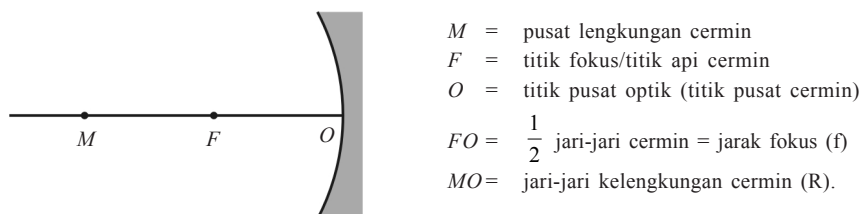
2. Pemantulan pada Cermin Cekung

Tahukah kamu perbedaan cermin datar dengan cermin cekung? Cobalah kamu berkaca menggunakan cermin datar dan bandingkanlah dengan saat menggunakan cermin cekung. Jika tidak mempunyai cermin cekung kamu dapat menggunakan sendok *stainless stell* bagian dalamnya.

Untuk mempelajari pemantulan pada cermin lengkung (cekung dan cembung) kamu perlu mengetahui penyebaran cahaya. Berdasarkan sifat-sifat penyebarannya, cahaya dikelompokkan menjadi tiga, yaitu menyebar (divergen), sejajar, dan mengumpul (konvergen). Perhatikan Gambar 18.6.

▲ Gambar 18.6 Berkas sinar.

Cermin cekung dapat dilukiskan sebagai bagian dari bola yang licin atau mengilat. Pada bagian dalamnya. Bagian-bagian cermin cekung seperti tertera pada Gambar 18.7.

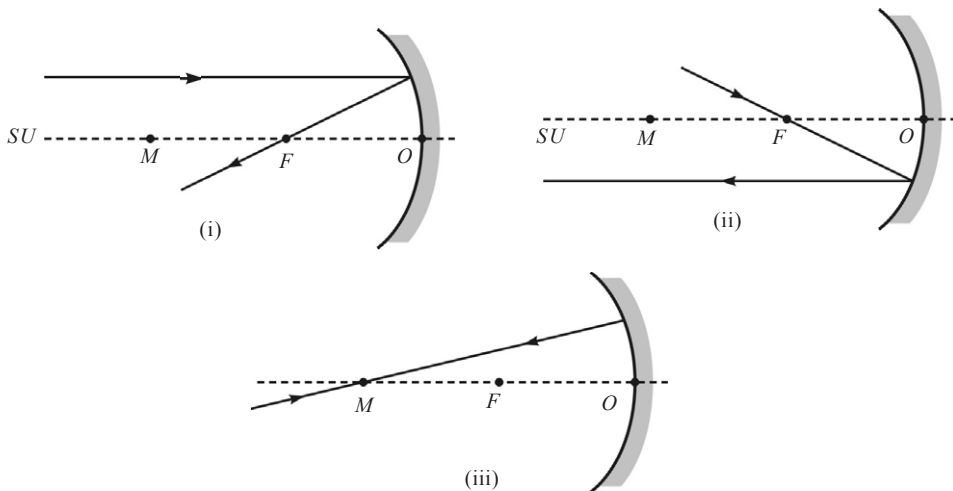
M = pusat lengkungan cermin
F = titik fokus/titik api cermin
O = titik pusat optik (titik pusat cermin)
$FO = \frac{1}{2}$ jari-jari cermin = jarak fokus (f)
MO = jari-jari kelengkungan cermin (R).

▲ Gambar 18.7 Bagian-bagian cermin cekung

Garis yang melalui M dan O disebut sumbu utama cermin. Ruang F sampai O disebut ruang I. Ruang F sampai M disebut ruang II. Ruang M sampai ~ disebut ruang III. Adapun ruang di belakang cermin disebut ruang IV.

Kamu sudah mengetahui bahwa berkas sinar yang mengenai cermin akan dipantulkan dan akan menghasilkan bayangan benda. Berkas sinar yang mengenai cermin pada dasarnya memenuhi hukum pemantulan. Namun, ada tiga berkas sinar yang mempunyai sifat khusus atau istimewa. Ketiga sinar istimewa itulah yang diperlukan pada saat melukiskan terjadinya bayangan suatu benda. Untuk lebih jelasnya ikutilah uraian berikut.

a. Sinar-Sinar Istimewa pada Cermin Cekung

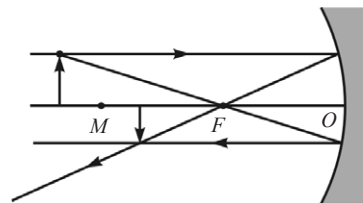
1) sinar datang sejajar sumbu utama cermin dipantulkan melalui titik fokus (F). Perhatikan Gambar 18.8 (i).

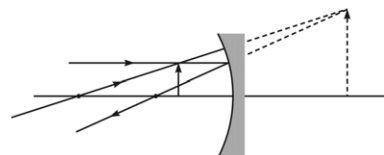
2) Sinar datang *melalui titik fokus* (*F*) dipantulkan sejajar sumbu utama cermin. Perhatikan Gambar 18.8 (ii).
3) Sinar datang melalui pusat kelengkungan cermin (M). Sinar ini akan dipantulkan melalui titik itu juga. Perhatikan Gambar 18.8 (iii).

▲ Gambar 18.8 Sinar-sinar istimewa pemantulan cermin cekung.

b. Cara Melukis Bayangan yang Dihasilkan oleh Cermin Cekung

1) Gambarlah dua di antara tiga sinar istimewa yang berasal dari titik atau tempat yang sama.
2) Perpotongan sinar-sinar pantul atau perpanjangannya akan menghasilkan titik bayangan.

Misalnya:

a) Benda AB di ruang III, bayangannya di ruang II
Sifat-sifat bayangannya terbalik, lebih kecil, dan nyata.

▲ Gambar 18.9 Bayangan benda di ruang III

b) Benda AB di ruang I, bayangan di belakang cermin (ruang IV).
Sifat-sifat bayangannya tegak, lebih besar, dan maya.

▲ Gambar 18.10 Bayangan benda di ruang I

Tugas Individu

Lukis bayangan benda yang terletak:

a. di pusat kelengkungan cermin (M);

b. di titik fokus (F) cermin.

Sebutkan sifat-sifat bayangannya.

Pada cermin cekung berlaku hubungan antara jarak fokus cermin, jarak benda, jarak bayangan, dan perbesaran. Hubungan tersebut dapat ditulis dalam bentuk rumus-rumus berikut.

1) $\frac{1}{f} = \frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_1}$ dan $f = \frac{R}{2}$

2) $M = \left|\frac{s_i}{s_o}\right| = \left|\frac{h_i}{h_o}\right|$

Dengan:

f = jarak fokus

s_o = jarak benda

s_i = jarak bayangan. Nilainya negatif jika bayangan maya dan positif jika bayangan nyata

h_o = AB = tinggi benda (besar benda)

h_i = A'B' = tinggi bayangan (besar bayangan)

M = perbesaran bayangan

| ... | = harga mutlak, artinya semua harga yang diapit tanda itu akan bernilai positif

Cermin cekung banyak digunakan sebagai reflektor (pemantul) pada lampu-lampu kendaraan atau pada mikroskop cahaya.

Contoh

Sebuah benda terletak 20 cm di depan sebuah cermin cekung yang berjari-jari 15 cm. Kalau diketahui tinggi benda 2 cm, hitunglah:

a. jarak bayangnnya,

b. perbesarannya,

c. tinggi bayangannya.

Penyelesaian:

Diketahui : s_o = 20 cm

R = 15 cm $\Rightarrow f = \frac{15}{2}$ cm

Ditanyakan: a. s_i = ...?

b. M = ...?

c. h_i = ...?

Jawab:

a. $\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f}$

$$\frac{1}{20} + \frac{1}{s_i} = \frac{2}{15} \rightarrow \frac{1}{s_i} = \frac{2}{15} - \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{s_i} = \frac{8}{60} - \frac{3}{60} \rightarrow \frac{1}{s_i} = \frac{5}{60}$$

$$5s_i = 60$$

$$s_i = \frac{60}{5} = 12 \text{ cm}$$

b. $M = \left|\frac{s_i}{s_o}\right| = \left|\frac{12}{20}\right| = \frac{3}{5}$ kali

c. $M = \left|\frac{h_i}{h_o}\right|$

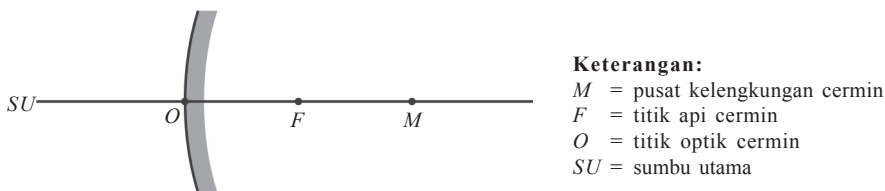
$$h_i = M \times h_o$$

$$= \frac{3}{5} \times 2\,\text{cm}$$

$$= \frac{6}{5}\,\text{cm} = 1\frac{1}{5}\,\text{cm}$$

3. Pemantulan pada Cermin Cembung

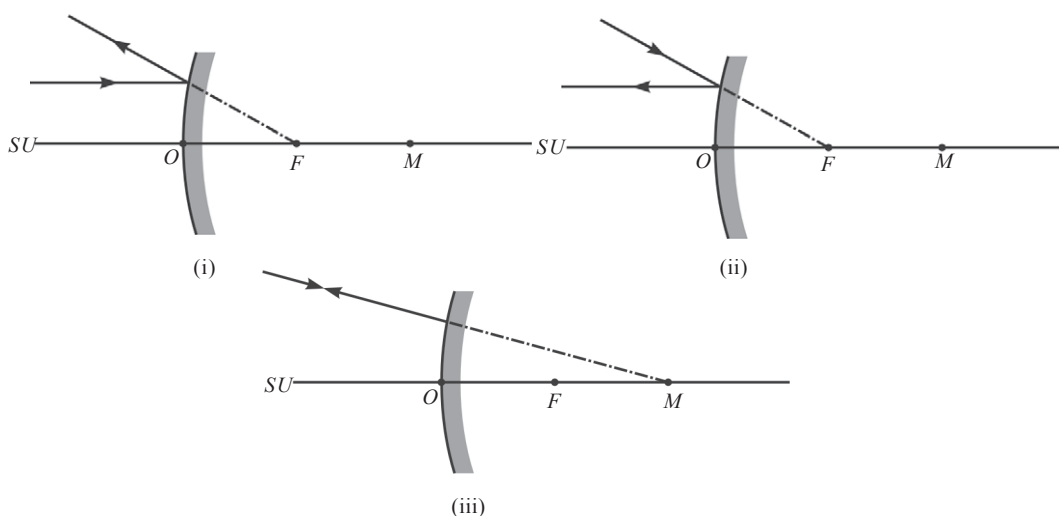
Cermin cembung merupakan bagian dari bola yang licin atau mengilap pada bagian luarnya. Bagian-bagian dari cermin cembung tertuang pada Gambar 18.11.

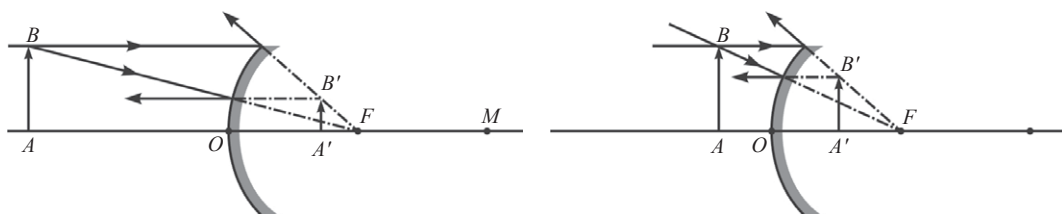
Keterangan:
M = pusat kelengkungan cermin
F = titik api cermin
O = titik optik cermin
SU = sumbu utama

▲ Gambar 18.11 Skema cermin cembung

Untuk mengetahui contoh pembentukan bayangan oleh cermin cembung kamu dapat menggunakan permukaan sendok stainless stell bagian luarnya atau kaca spion. Seperti halnya pada cermin cekung, berkas sinar yang mengenai cermin cembung ada yang mempunyai keistimewaan. Sinar-sinar istimewa itu seperti berikut.

a. Sinar datang *sejajar sumbu utama*
Sinar ini akan dipantulkan seolah-olah dari titik fokus (*F*). Perhatikan Gambar 18.12 (i)

b. Sinar datang *menuju titik fokus (F)*
Sinar ini akan dipantulkan sejajar sumbu utama. Perhatikan Gambar 18.12 (ii)

c. Sinar datang *menuju pusat kelengkungan* cermin (*M*)
Sinar ini akan dipantulkan seolah-olah dari titik M. Perhatikan Gambar 18.12 (iii)

▲ Gambar 18.12 Sinar-sinar istimewa pada cermin cembung.

Contoh bayangan yang dihasilkan oleh cermin cembung adalah sebagai berikut.

▲ Gambar 18.13 Bayangan pada cermin cembung

Bayangan yang dihasilkan cermin cembung selalu tegak, lebih kecil, dan maya. Tahukah kamu mengapa demikian? Oleh karena sifat itulah bayangan pada cermin cembung selalu terlihat jelas walaupun kecil. Selain itu bidang pandang yang dihasilkan cermin cembung juga makin luas. Karena sifat-sifat itulah cermin cembung banyak digunakan sebagai spion kendaraan.

Rumus untuk cermin cembung sama dengan rumus untuk cermin cekung, hanya jari-jari (R) berharga negatif (pusatnya ada di belakang cermin).

Sebuah benda yang tingginya 2 cm berada 10 cm di depan cermin cembung, jari-jari cermin cembung = 110 cm

Hitunglah:

a. jarak bayangannya;

b. perbesarannya;

c. tinggi bayangannya.

Penyelesaian:

Diketahui: h_o = 2 cm

s_o = 10 cm

R = –10 cm $\Rightarrow f = -5$ cm (cermin cembung)

Ditanyakan : a. s_i = ...?

b. M = ...?

c. h_i = ...?

Jawab:

a. $\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f}$

$\frac{1}{10} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{-5}$

$\frac{1}{s_i} = -\frac{1}{5} - \frac{1}{10}$

$s_i = -\frac{10}{3}$ cm

b. $M = \left|\frac{s_i}{s_o}\right| = \frac{3\frac{1}{3}}{10} = \frac{10}{3} \times \frac{1}{10} = \frac{1}{3}$ kali

c. $h_i = M \times h_o$

$= \frac{1}{3} \times 2 \text{ cm} = \frac{2}{3}$ cm.

Latihan

1. Gambarkan bayangan sebuah benda yang terletak di depan cermin cekung dan cermin cembung.
2. Sebuah benda terletak 20 cm di depan sebuah cermin cekung. Jika bayangan yang terjadi mengalami perbesaran 3 kali, tentukan fokus cermin tersebut.

C. PEMBIASAN CAHAYA

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaranmu adalah dapat:
- *menjelaskan hukum pembiasan yang diperoleh berdasarkan percobaan;*
- *mendeskripsikan proses pembentukan dan sifat-sifat bayangan pada lensa cembung dan lensa cekung.*

Cobalah kamu letakkan sebatang pensil di dalam segelas air. Mengapa pensil seakan-akan bengkok ketika masuk ke air? Gejala itu disebabkan oleh pembiasan. Pembiasan cahaya adalah pembelokan arah cahaya yang terjadi karena cahaya melalui dua medium yang berbeda kerapatannya. Pembiasan terjadi karena adanya perubahan kecepatan cahaya pada kedua medium, misalnya sinar merambat dari udara ke air.

Angka yang menunjukkan perbandingan antara cepat rambat cahaya dalam ruang hampa dengan cepat rambat cahaya di dalam zat itu disebut indeks bias.

Indeks bias beberapa medium dapat dilihat pada Tabel 18.1.

Tabel 18.1 Indeks bias beberapa medium

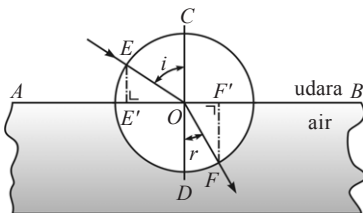
Medium	Indeks Bias
Udara	1,00
Air	1,33
Alkohol etil	1,36
Kaca:	
– kuarsa lebur	1,46
– kaca korona	1,52
– api cahaya	1,58
Pleksiglass	1,51
Garam dapur	1,53
Berlian	2,42

Sumber: *Fisika,* 2001

Misalnya diketahui indeks bias air adalah 1,33. Artinya, cepat rambat cahaya dalam ruang hampa dibandingkan cepat rambat di dalam air adalah 1,33. Jika cepat rambat cahaya dalam ruang hampa = 3×10^8 ms^{-1}, maka cepat rambat di dalam air adalah

$$n = \frac{c}{v} \text{ sehingga } v = \frac{c}{n} ; \; n_{air} = 1{,}33$$

$$v = \frac{3 \times 10^8}{1{,}33} = 2{,}3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

Secara grafis indeks bias adalah perbandingan proyeksi sinar datang dan sinar bias pada bidang batas antara dua zat yang tidak sama kerapatannya. Indeks bias merupakan bilangan yang tetap. Bidang batas adalah bidang pertemuan antara dua medium atau zat yang berlainan kerapatannya. Perhatikan Gambar 18.14.

Keterangan:

- AB = bidang batas
- EO = sinar datang dari medium udara ke medium air
- OF = sinar bias
- OE' = proyeksi OE pada bidang batas
- OF' = proyeksi OF pada bidang batas
- i = sudut datang (sudut jatuh)
- r = sudut bias

▲ Gambar 18.14 Pembiasan pada bidang batas

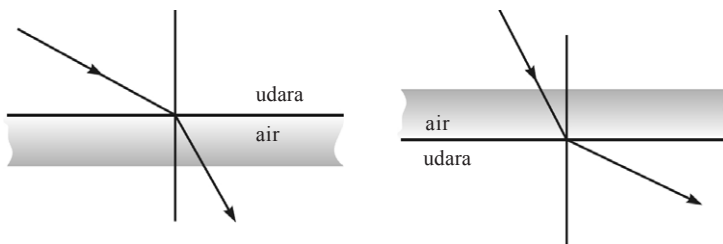
Dengan demikian dapat ditulis:

$$\text{indeks bias} = \frac{\text{proyeksi sinar datang}}{\text{proyeksi sinar bias}} \quad \text{atau} \quad n = \frac{OE'}{OF'}$$

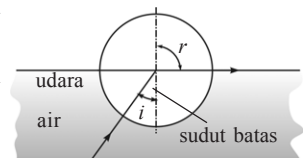
Berdasarkan uraian di atas, Snellius menyimpulkan:

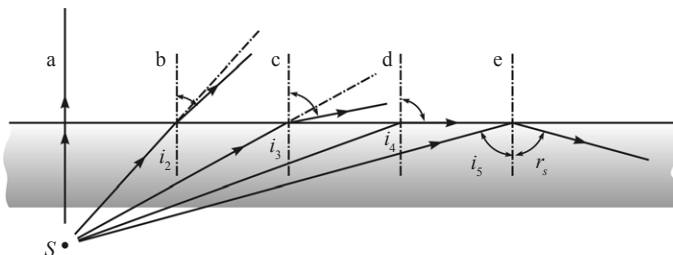
1) *sinar jatuh, garis normal, dan sinar bias terletak dalam sebuah bidang datar,*
2) *perbandingan proyeksi sinar jatuh dan sinar bias sama panjangnya. Pada bidang batas antara dua zat bening merupakan bilangan tetap.*

Kesimpulan Snellius ini dikenal dengan nama Hukum Snellius tentang pembiasan. Masih ingatkah kamu Hukum Snellius tentang pemantulan? Adakah kesamaannya dengan pembiasaan?

Jika sinar jatuh dari optik kurang rapat menuju optik lebih rapat akan dibiaskan mendekati garis normal. Misalnya sinar jatuh dari udara ke kaca atau dari udara ke air. Sebaliknya sinar jatuh dari medium optik lebih rapat menuju optik kurang rapat akan dibiaskan menjauhi garis normal. Misalnya: sinar jatuh dari kaca ke udara atau dari air ke udara. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 18.15.

▲ Gambar 18.15 Pembiasan pada dua medium yang berbeda

Pemantulan Sempurna

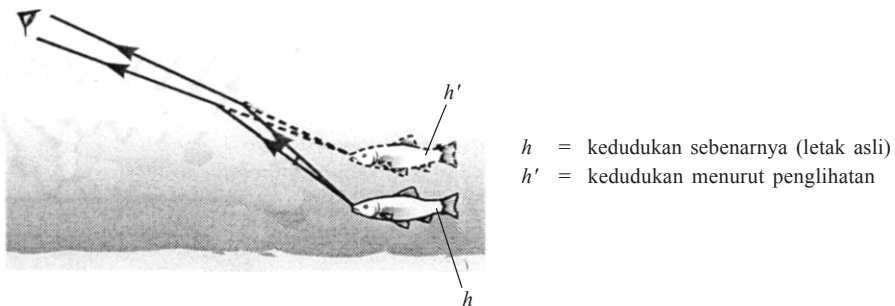
Apakah pemantulan sempurna itu? Adakah hubungannya dengan pembiasan? Sebelum membahasnya, lebih dulu kamu harus mengenal pengertian sudut batas atau sudut kritis. Sudut batas adalah sudut datang yang menimbulkan sudut bias sebesar 90º terhadap garis normal. Ini terjadi jika sinar datang berasal dari medium rapat ke medium kurang rapat (perhatikan Gambar 18.16). Misalnya sinar datang (masuk) dari air ke udara, dari kaca ke udara, dari kaca ke air, dari udara rapat ke udara kurang rapat.

▲ Gambar 18.16 Sudut batas

Perhatikan Gambar 18.17. Sumber cahaya S berada dalam air, sehingga sinar datang dari air ke udara. Arah sinar dari S diubah-ubah sebagai berikut.

▲ Gambar 18.17 Proses terjadinya pemantulan sempurna

a. Sinar jatuh tegak lurus pada bidang batas air–udara (sudut datang 0^o) hasilnya sinar tak dibiaskan, tetapi *diteruskan*.
b. Sinar jatuh seperti Gambar 18.17 b sampai dengan Gambar 18.17 c. Sinar biasnya *menjauhi garis normal N*.
c. Pada gambar d sinar jatuh dengan sinar bias *berimpit dengan bidang batas* (sudut biasnya = 90). Sudut i_4 disebut sudut batas.
d. Pada Gambar 18.17 c, sudut datang lebih besar dari sudut batas, sinar tidak bias, tetapi *dipantulkan sempurna*. Sudut datang = sudut pantul.

Jadi, jika sinar datang dari medium rapat ke medium kurang rapat dan sudut datangnya lebih besar daripada sudut batas, akan terjadi pemantulan sempurna. Pemantulan sempurna dapat kamu temukan pada gejala fatamorgana. Contoh fatamorgana yaitu permukaan jalan beraspal waktu siang hari tampak seakan-akan berair.

Contoh pembiasan yang lain, dapat kamu temukan pada kolam yang jernih. Pernahkan kamu memerhatikan ikan di dasar kolam? Jika kamu melihat dasar kolam terlihat seakan-akan lebih dangkal dari kedudukan sebenarnya. Gejala ini juga merupakan peristiwa pembiasan. Dapatkah kamu memberi contoh gejala pembiasan yang lain?

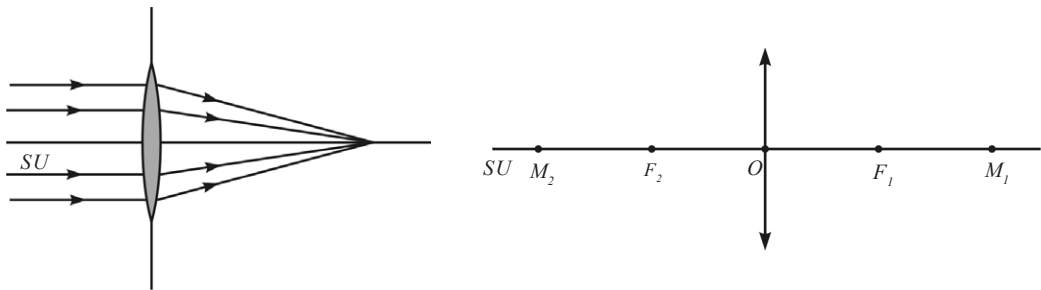
h = kedudukan sebenarnya (letak asli)
h' = kedudukan menurut penglihatan

▲ Gambar 18.18 Pembiasan pada kolam

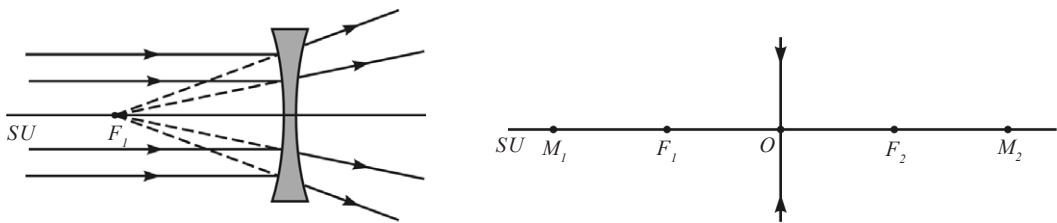
1. Pembiasan pada Lensa Lengkung

Lensa adalah benda bening yang dibatasi oleh dua bidang lengkung, dapat pula dibatasi oleh satu bidang datar dan satu bidang lengkung. Berdasar fokusnya, lensa dibedakan menjadi lensa cembung (positif) dan lensa cekung (negatif). Perbedaan kedua lensa itu dapat dilihat pada Tabel 18.2 berikut.

Tabel 18.2 Perbedaan lensa cekung dan lensa cembung

Aspek	Cembung	Cekung
Jarak fokus	positif	negatif
Sifat	konvergen	divergen
Bentuk	bagian tengah tebal	bagian tengah tipis
Jenis	bikonveks, kankaf-konveks, dan plan-konveks	bikonkaf, konveks-konkaf, dan plan-konkaf

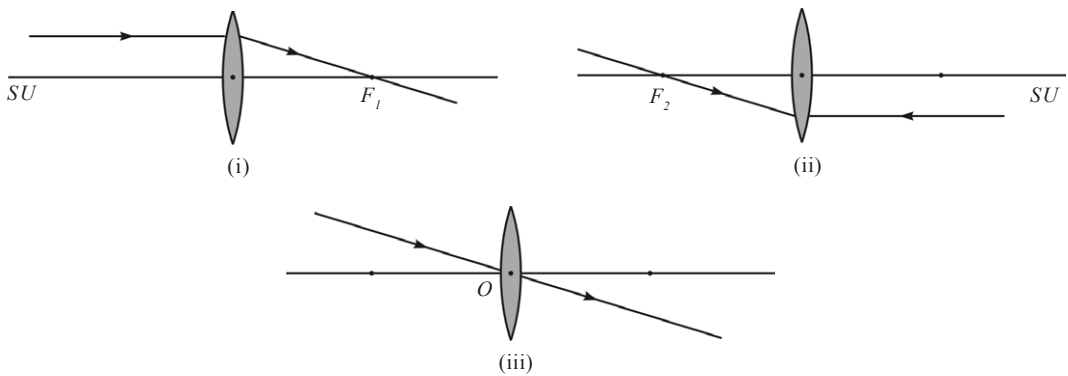
Pada lensa cembung sinar-sinar sejajar sumbu utama setelah melewati lensa cembung akan dibiaskan ke sebuah titik pada sumbu utama. Titik itu disebut titik fokus utama (F_1). Jarak antara F_1 ke pusat lensa (O) disebut jarak fokus lensa (f). M_1 merupakan pusat kelengkungan pertama.

▲ Gambar 18.19 Lensa cembung dan bagian-bagiannya

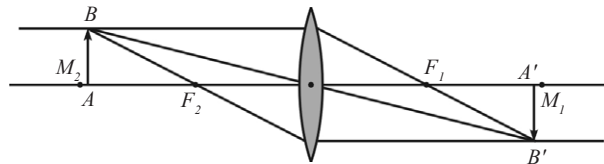
Pada lensa cekung, sinar datang sejajar sumbu utama akan dibiaskan seakan-akan berasal dari salah satu titik di sumbu utama. Titik itu disebut titik fokus utama (F_1). Jarak F_1 ke pusat lensa (O) disebut jarak fokus lensa (f). Karena F_1 terletak searah datangnya sinar, maka harga f negatif M_1 merupakan pusat kelengkungan pertama.

▲ Gambar 18.20 Lensa cembung dan bagian-bagiannya

2. Pembentukan Bayangan oleh Lensa Lengkung

Seperti pada cermin lengkung, pembentukan bayangan pada lensa lengkung juga memerlukan sinar-sinar istimewa. Sinar-sinar itu adalah sebagai berikut.

a. Sinar Istimewa Lensa Cembung

1) Sinar datang sejajar sumbu utama
   Sinar ini akan dibiaskan melalui F_1. Perhatikan Gambar 18.21 (i).
2) Sinar datang melalui F_2
   Sinar ini akan dibiaskan sejajar sumbu utama. Perhatikan Gambar 18.21 (ii).
3) Sinar datang melalui O tak dibiaskan.
   Sinar ini tidak akan dibiaskan melainkan diteruskan. Perhatikan Gambar 18.21 (iii).

▲ Gambar 18.21 Sinar-sinar istimewa pada pembiasan lensa cembung.

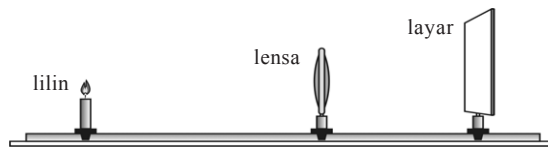
Dengan menggunakan sinar-sinar istimewa kita dapat melukiskan bayangan dari suatu benda yang dihasilkan oleh lensa positif.

▲ Gambar 18.22 Pembentukan bayangan pada lensa cembung

Bagaimanakah hubungan antara jarak benda, jarak bayangan, dan fokus lensa cembung? Untuk mengetahuinya cobalah kamu melakukan kegiatan berikut. Sebelumnya, bentuklah satu kelompok yang terdiri 4 siswa; 2 laki-laki dan 2 perempuan.

Kegiatan 18.3

Tujuan: Mengetahui hubungan antara benda, bayangan, dan fokus lensa.

Alat dan Bahan:
- Meja optik 1 set
- Lilin
- Lensa positif

Cara Kerja:
1. Sediakan seperangkat meja optik yang ada lilin, lensa positif yang sudah diketahui fokusnya, layar, dan penggaris 1 meter.
2. Pasanglah peralatan tersebut seperti gambar.
3. Geser-geserlah lensa, sehingga terbentuk bayangan terbalik di layar. Saat itu ukurlah jarak benda (s_o) dan jarak bayangannya (s_i).
4. Gantilah lensa dengan lensa lain yang fokusnya berbeda.
5. Catatlah pengamatanmu ke dalam tabel.

Pertanyaan:

1. Samakah jarak fokus lensa dibandingkan hasil pada kolom 6 pada tabel pengamatan?
2. Nyatakan kesimpulanmu dalam buku kerjamu.

Jika kegiatan di atas kamu lakukan dengan baik dan benar akan kamu dapatkan rumus lensa cembung berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i}$$

$$M = \left|\frac{s_i}{s_i}\right| = \left|\frac{h_i}{h_o}\right|$$

Dengan:

f = jarak fokus lensa	M = perbesaran
s_o = jarak benda	h_o = tinggi benda
s_i = jarak bayangan	h_i = tinggi bayangan

Perhatikan jika dalam perhitungan harga s_i negatif berarti sifat bayangannya maya.

Contoh

Sebuah benda yang tingginya 2 cm berada di depan lensa cembung. Jarak fokus lensa 5 cm, jarak bayangan yang dihasilkan 15 cm.

Hitunglah:

a. jarak bendanya,

b. perbesarannya,

c. tinggi bayangannya.

Penyelesaian:

Diketahui : h_o = 2 cm

f = 5 cm

s_i = 15 cm

Ditanyakan : a. s_o = ...?

b. M = ...?

c. h_i = ...?

Jawab:

a. $\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f}$

$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{15} = \frac{1}{5}$ atau $\frac{1}{s_o} = \frac{1}{5} - \frac{1}{15} = \frac{3}{15} - \frac{1}{15}$

$2s_o = 15$

$s_o = 7{,}5$ cm

b. $M = \left|\frac{s_i}{s_o}\right| = \frac{15}{7,5} = 2 \text{ kali}$

c. $M = \left|\frac{s_i}{s_o}\right|$

$h_i = M \times h_o$

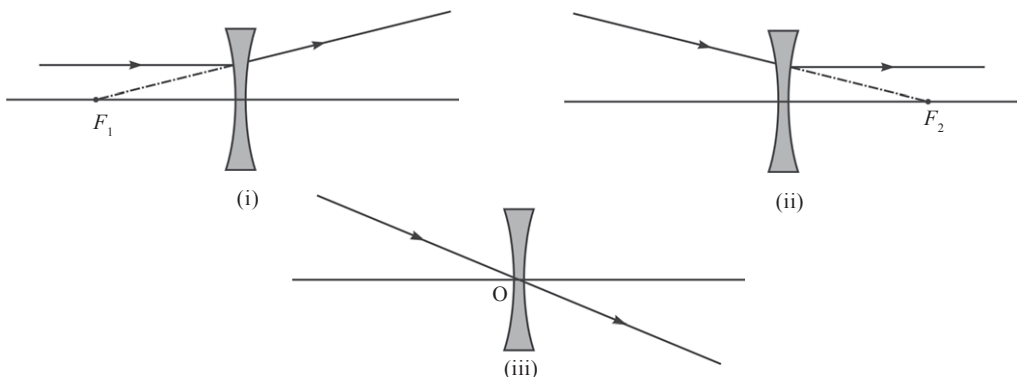
$= 2 \times 2 \text{ cm} = 4 \text{ cm}$

Pemakaian lensa cembung dalam kehidupan sehari-hari sering kamu temukan, misalnya pada mikroskop, kamera, atau kacamata penderita rabun dekat.

b. Sinar-Sinar Istimewa pada Lensa Cekung

1) Sinar datang *sejajar sumbu utama*
   Sinar ini akan dibiaskan seolah-olah dari F_1. Perhatikan Gambar 18.23 (i).

2) Sinar datang menuju F_2
   Sinar ini akan dibiaskan sejajar sumbu utama (S_u). Perhatikan Gambar 18.23 (ii).

3) Sinar datang *melalui O*
   Sinar ini tidak dibiaskan melainkan diteruskan. Perhatikan Gambar 18.23 (iii).

▲ Gambar 18.23 Sinar-sinar istimewa pada pembiasaan oleh lensa cekung.

Tugas Individu

Lukislah bayangan suatu benda yang terletak pada OF_1, F_1M_1, dan M_1. Apa yang dapat kamu simpulkan berdasarkan lukisan itu?

Ingat rumus yang digunakan pada lensa cekung sama dengan lensa cembung, tetapi jarak fokusnya negatif.

Di depan sebuah lensa cekung yang berjarak fokus 10 cm, terletak sebuah benda sejauh 10 cm. Tinggi benda 2 cm.

Hitunglah:

a. jarak bayangnnya,

b. perbesarannya, dan

c. tinggi bayangannya.

Penyelesaian:

Diketahui: Lensa cekung

$f = -10$ cm

$s_o = 10$ cm

$h_o = 2$ cm

Ditanyakan: a. $s_i = ...?$

b. $M = ...?$

c. $h_i = ...?$

Jawab:

a. $\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f}$

$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = -\frac{1}{10}$ atau $\frac{1}{s_o} = -\frac{1}{10} - \frac{1}{10} = -\frac{2}{10}$

$2s_i = -10$

Jadi, $s_i = -5$ cm

b. $M = \left|\frac{s_i}{s_o}\right| = \frac{5}{10} = \frac{1}{2}$ kali

c. $M = \left|\frac{h_i}{h_o}\right|$

$h_i = M \times h_o = \frac{1}{2} \times 2\,\text{cm} = 1$ cm

Dalam kehidupan sehari-hari sering kamu dapati orang memakai lensa cekung. Jika seseorang tidak mampu melihat dengan jelas pada jarak jauh, dia akan ditolong dengan menggunakan kacamata berlensa negatif. Adakah di antara temanmu yang demikian?

Kekuatan Lensa (Daya Lensa)

Adakah temanmu yang mengenakan kacamata minus? Tahukah kamu, apa arti kacamata minus berkaitan dengan kekuatan lensa? Adapun yang dimaksud kekuatan lensa adalah kemampuan suatu lensa untuk memfokuskan suatu bayangan. Kekuatan lensa dapat ditulis dalam bentuk rumus:

$$P = \frac{1}{f}$$

Dengan: P = daya lensa dalam dioptri

f = jarak fokus dalam meter

Sebuah lensa berkekuatan + 5 dioptri. Hitung jarak fokus dan tentukan jenis lensanya.

Penyelesaian:

Diketahui: P = + 5 dioptri

Ditanyakan: f = ...?

Jawab:

$$P = \frac{1}{f}$$

$$+5 = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{+5} = +0,2 \text{ m atau } f = 20 \text{ cm.}$$

Jadi, jenisnya lensa cembung (lensa positif).

Dalam kehidupan sehari-hari daya lensa sering menggunakan angka terutama dalam kacamata. Ukuran lensa kacamata biasanya dinyatakan dalam dioptri (menyatakan kekuatan). Misalnya: kacamata –2 berarti lensa kacamata berkekuatan –2 dioptri, dan lensanya negatif dengan jarak fokus –50 cm. Kacamata +3 berarti lensanya berkekuatan +3 dioptri dan lensanya positif dengan jarak fokus + 33,3 cm.

1. Apakah perbedaan bayang-bayang dengan bayangan benda?
2. Mengapa dapat terjadi pembiasan?
3. Sebuah benda terletak 20 cm di depan lensa cembung. Bayangan yang terjadi bersifat nyata dan mengalami pembesaran 3 kali. Berapakah fokus lensa tersebut?

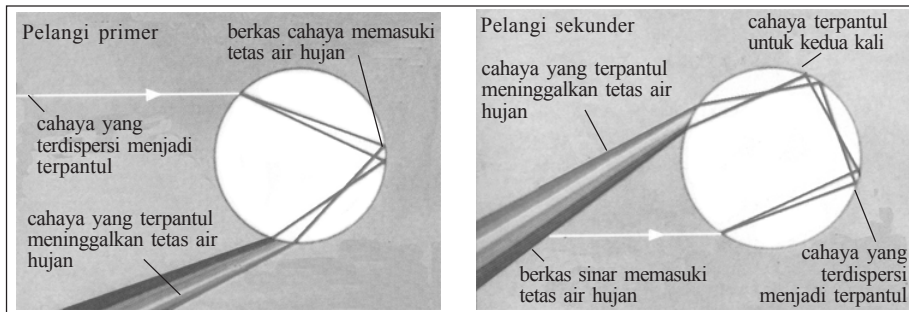
Dispersi

Gejala alam yang ada hubungannya dengan sifat cahaya antara lain dispersi atau penguraian cahaya. Dispersi cahaya ialah penguraian warna putih dari cahaya matahari oleh prisma menjadi berbagai warna.

Berkas sinar matahari yang mengenai atau memasuki prisma akan diuraikan menjadi spektrum warna, yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nilai, dan ungu (disingkat: me-ji-ku-hi-bi-ni-u). Dispersi dapat terjadi karena adanya perbedaan indeks bias untuk tiap-tiap warna dan panjang gelombang tiap warna juga berbeda.

Warna merah mempunyai deviasi (sudut penyimpangan) terkecil, indeks bias terbesar, dan panjang gelombang terpendek. Warna-warna merah, jingga, kuning, dan seterusnya disebut warna monokromatik. Warna cahaya matahari disebut warna polikromatik. Menurut Sir Isaac Newton, cahaya putih terdiri atas berbagai warna cahaya.

Peristiwa dispersi cahaya dapat kamu temukan pula pada pelangi. Pelangi terjadi pada saat udara mengandung titik-titik air. Biasanya muncul setelah hujan. Titik-titik air itu berfungsi sebagai prisma. Sinar matahari yang mengenai titik-titik air akan dibiaskan. Selanjutnya sinar bias itu akan dipantulkan secara sempurna. Setelah keluar dari titik-titik air, sinar itu terurai menjadi spektrum warna. Tahukah kamu mengapa pelangi terdiri atas beberapa warna? Gambar berikut menunjukkan proses terjadinya pelangi secara sederhana.

Spektrum cahaya matahari selain terdiri atas warna-warni yang tampak (merah sampai dengan ungu) juga mempunyai warna-warni yang tidak tampak (inframerah dan ultraungu). Inframerah dapat dimanfaatkan untuk pencegahan infeksi, pemotretan bumi, dan sebagainya. Adapun ultraungu dapat dimanfaatkan untuk membunuh bakteri.

Sumber: *Jendela Iptek*, 2001

D. ALAT OPTIK

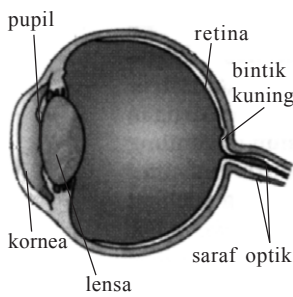
Di bagian depan telah kamu pelajari tentang sifat-sifat cahaya. Adakah manfaatnya hal itu bagi kehidupan kita? Untuk membantu suatu pekerjaan biasa digunakan alat bantu. Alat bantu yang prinsip kerjanya berdasarkan sifat-sifat cahaya disebut alat optik.

Contoh alat-alat optik antara lain kamera, lup, mikroskop, dan teleskop. Adapun mata, sebenarnya kurang tepat jika dikelompokkan sebagai alat optik. Tahukah kamu pengertian alat? Mata merupakan bagian tubuh yang prinsip-prinsip kerjanya berdasarkan sifat cahaya. Oleh karena itu kamu perlu mempelajarinya.

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pebelajaranmu adalah dapat:
- *menjelaskan fungsi mata sebagai alat optik;*
- *menggambarkan pembentukan bayangan benda pada retina;*
- *menjelaskan beberapa cacat mata dan penggunaan kaca mata;*
- *menyelidiki ciri-ciri kamera sebagai alat optik;*
- *menjelaskan konsep lup sebagai alat optik;*
- *menjelaskan cara kerja beberapa produk teknologi yang relevan.*

1. Mata

Mata merupakan salah satu karunia Tuhan yang harus kita syukuri sebab dengan mata, kita dapat melihat keindahan dunia. Mata merupakan salah satu benda optik. Pada mata, ada bagian yang dikenal dengan nama lensa mata. Bagian ini yang membiaskan cahaya dari luar, sehingga kita bisa melihat sebuah objek.

▲ Gambar 18.24
Penampang mata

Bagian mata yang paling depan adalah kornea, di belakangnya ada zat kekaca-kacaan yang disebut *aquaeous humor.* Zat ini berfungsi membiaskan cahaya. Setelah cahaya masuk ke mata akan diatur lagi (dibiaskan) oleh lensa mata. Adapun bagian yang mengatur intensitas cahaya yang masuk ke mata adalah pupil. Jika intensitas cahaya yang masuk terlalu banyak, maka celah pupil akan mengecil. Sebaliknya jika cahaya yang masuk intensitasnya kecil, maka celah pupil akan melebar. Pupil dibentuk oleh iris. Selain membentuk lingkaran celah pupil, iris juga bertugas memberi warna pada mata.

Agar suatu benda terlihat oleh mata kita, maka harus ada sinar dari benda yang jatuh ke dalam lensa mata. Selanjutnya, sinar ini akan dibiaskan dan jatuh di retina, tepatnya bintik kuning. Bayangan itu bersifat nyata, terbalik, dan diperkecil. Permukaan retina mengandung sel-sel yang sangat peka terhadap cahaya. Sel-sel itulah yang mengirimkan rangsangan cahaya ke otak melalui syaraf mata.

Keunggulan lensa mata jika dibandingkan dengan lensa lain, yaitu dapat menebal dan menipis. Hal ini disebabkan lensa mata terbuat dari zat cair. Kemampuan menebal dan menipisnya lensa mata dinamakan *daya akomodasi.* Daya akomodasi ini sangat penting karena benda yang dilihat jaraknya berbeda-beda. Lensa mata dalam keadaan setipis-tipisnya jika mata tak berakomodasi. Hal ini terjadi jika kita melihat benda jauh tak terhingga. Akan tetapi, lensa mata dalam keadaan setebal-tebalnya jika mata berakomodasi sekuat-kuatnya, misalnya sewaktu kita melihat benda yang dekat.

DISKUSI
(Rasa Ingin Tahu)

Ketika membahas mata sebagai alat optik terdapat istilah titik jauh tak berhingga. Benarkah istilah tersebut menunjukkan suatu titik yang letaknya sangat jauh dari mata?

Ada dua istilah yang berkaitan dengan jarak pandang mata, yaitu *punctum proksimum* (*PP*) dan *punctum remotum* (*PR*). *Punctum proksimum* atau titik dekat mata, yaitu jarak terdekat yang masih dapat dilihat oleh mata yang berakomodasi sekuat-kuatnya. Untuk mata orang dewasa normal titik dekatnya terletak 25 cm dari mata. Oleh karena itu, jika kita membaca atau menulis agar jangan terlalu dekat atau terlalu jauh. Untuk mata anak-anak titik dekat mata berkisar antara 10–15 cm. Adapun yang dimaksud *punctum remotum* atau titik jauh mata, yaitu jarak terjauh yang masih dapat dilihat oleh mata yang tak berakomodasi. Untuk mata yang normal titik jauh berada pada jauh tak terhingga.

Mata yang mempunyai titik dekat dan titik jauh normal disebut ametropia. Sebaliknya, mata yang titik dekat atau titik jauhnya tidak normal disebut emetropia. Umumnya mata emetropia disebabkan oleh kelainan daya akomodasi mata. Kelainan atau cacat mata ini ada tiga, yaitu miopia, hipermetropia, dan presbiopia.

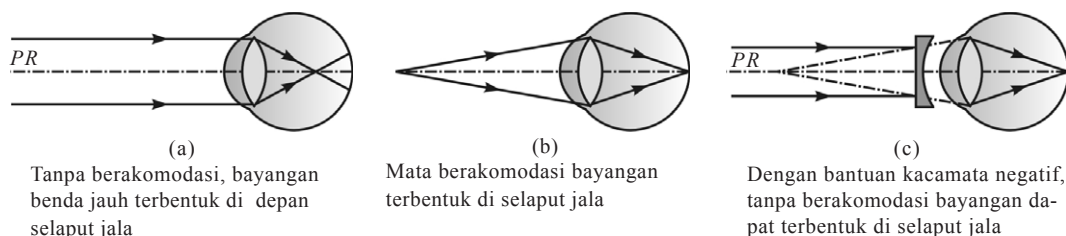
a. Miopia (Rabun Jauh = Mata Dekat)

Mata miopia disebabkan oleh lensa mata yang tidak dapat menipis sebagaimana mestinya, sehingga titik jauh mata ini bergeser mendekati mata. Sinar-sinar bias pada mata miopia berpotongan di muka selaput jala. Cacat mata ini dapat ditolong

dengan kacamata berlensa negatif. Fungsi lensa negatif ini membentuk bayangan maya dari benda di jauh tak terhingga pada titik jauh mata miopia.

(a)
Tanpa berakomodasi, bayangan benda jauh terbentuk di depan selaput jala

(b)
Mata berakomodasi bayangan terbentuk di selaput jala

(c)
Dengan bantuan kacamata negatif, tanpa berakomodasi bayangan dapat terbentuk di selaput jala

▲ Gambar 18.25 Keadaan mata miopia

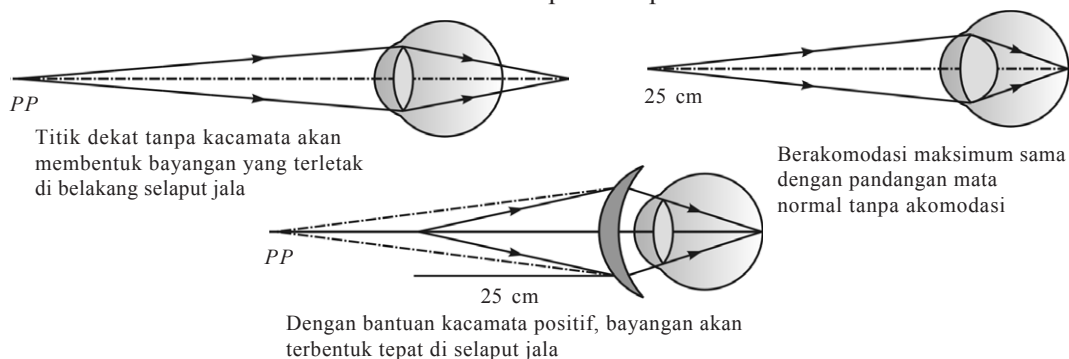
Pada Gambar 18.25 c dapat dilihat bahwa sinar agak melebar atau sedikit menyebar. Ingat lensa negatif bersifat menyebarkan sinar.

b. Hipermetropia (Rabun Dekat = Mata Jauh)

Lensa mata hipermetropia tidak dapat menebal sebagaimana mestinya. Titik dekatnya bergeser menjauhi lensa mata. Sinar-sinar biasnya akan berpotongan di belakang selaput jala. Cacat mata ini dapat ditolong dengan kacamata berlensa positif. Fungsi lensa positif ini membentuk bayangan maya yang terletak pada titik dekat mata normal ke titik dekat mata hipermetropia.

Titik dekat tanpa kacamata akan membentuk bayangan yang terletak di belakang selaput jala

Berakomodasi maksimum sama dengan pandangan mata normal tanpa akomodasi

Dengan bantuan kacamata positif, bayangan akan terbentuk tepat di selaput jala

▲ Gambar 18.26 Keadaan mata hipermetropia

c. Presbiopia (Mata Tua)

Cacat presbiopia umumnya diderita oleh orang-orang tua. Penyebabnya adalah lensa mata tak dapat menebal dan menipis sebagaimana mestinya (daya akomodasi berkurang). Baik titik dekat ataupun titik jauhnya telah bergeser. Cacat ini dapat ditolong dengan kacamata berlensa rangkap (untuk melihat jauh dan untuk membaca). Lensa bifokal, yaitu bagian atas negatif, untuk melihat benda jauh; bagian bawah positif, untuk melihat benda dekat.

Sumber: *Dok. Penerbit*

▲ Gambar 18.27 Kacamata bifokal

Selain tiga kelainan itu, ada pula yang dinamakan *astigmatis*. Mata astigmatis tidak dapat melihat dengan jelas garis vertikal dan garis mendatar pada saat yang bersamaan. Cacat astigmatis ditolong dengan kacamata silindris.

Untuk mengetahui kekuatan lensa dapat dihitung dengan rumus-rumus lensa. Hanya saja yang dijadikan dasar adalah titik jauh atau titik dekatnya. Titik jauh maupun titik dekat berfungsi sebagai jarak bayangan dan bersifat maya (berharga negatif).

1. Seorang siswa mengalami cacat miopia. Dia tidak dapat melihat secara jelas suatu benda yang terletak lebih dari 5 meter. Agar dia dapat melihat benda jauh, seperti orang normal, berapakah kekuatan lensa kacamata yang harus dia kenakan?

Penyelesaian:

Titik jauh melihat dari siswa itu (s_i) = 500 cm. Agar dapat melihat normal ($s_o = \sim$) maka

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_o} - \frac{1}{s_i} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{\sim} - \frac{1}{500}$; (lambang ~ dibaca suatu bilangan yang nilainya besar sekali)

$\frac{1}{f} = 0 - \frac{1}{500}$ sehingga $f = -5\ m$

Jadi, kekuatan lensa yang dibutuhkan adalah

$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{-5}\ D$ atau –0,2 dioptri.

2. Nenek mengalami rabun dekat. Nenek tidak bisa membaca tulisan yang terletak pada jarak kurang dari 50 cm. Agar beliau dapat membaca secara normal (jarak 25 cm), berapa kekuatan lensa yang beliau perlukan?

Penyelesaian:

Jarak baca normal (s_o) = 25 cm; titik dekat mata (s_i) = 50 cm, sehingga $\frac{1}{f} = \frac{1}{s_o} - \frac{1}{s_i} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{25} - \frac{1}{50}$

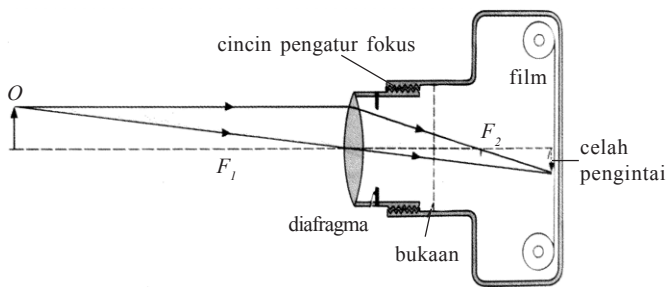
$\frac{1}{f} = \frac{2}{50} - \frac{1}{50}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{50}$ sehingga $f = 50\text{ cm} = 0{,}5\text{ m}$

Jadi, kekuatan lensa yang beliau perlukan adalah

$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{0{,}5}$ dioptri atau +2 dioptri.

2. Kamera

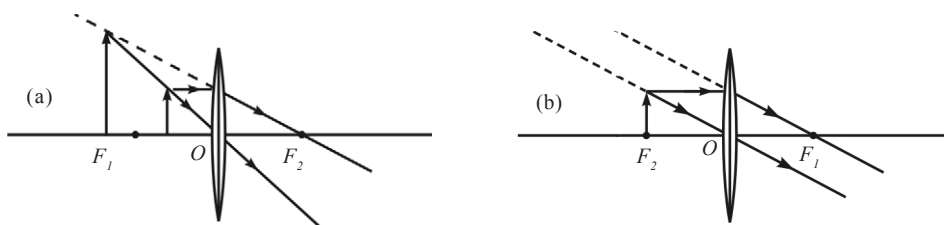
Pernahkah kamu berfoto-foto dengan teman-teman atau keluargamu? Di dalam foto yang kamu gunakan banyak perangkat-perangkatnya. Coba pahami uraian berikut. Alat kamera terdiri atas satu atau gabungan lensa cembung. Di dalam kamera terdapat diagfragma yang berfungsi sebagai pengatur sinar yang masuk. Bayangan nyata akan diperoleh pada alat ini dan ditangkap oleh film. Prinsip kamera mirip dengan mata kita. Dapatkah kamu menyebutkan kemiripan tersebut?

Keterangan:
1. Lensa positif
2. Film, bayangan terbalik
3. Titik fokus lensa
4. Objek yang difoto

▲ Gambar 18.28 Prinsip kerja kamera

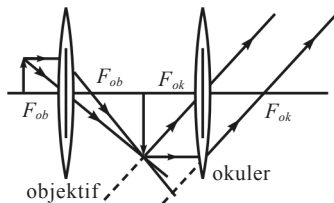
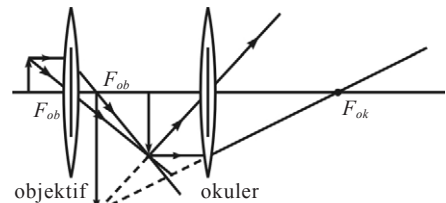
Kamera foto memakai satu atau lebih lensa positif. Objek yang diambil gambarnya harus berada di depan lensa pada jarak lebih dari dua kali jarak fokusnya. Akibatnya, bayangan jatuh di film, tepat di F_1M_1 lensa. Dengan demikian, bayangan akhir pada film adalah nyata, terbalik, dan diperkecil. Jarak antara lensa dengan film bisa diatur. Hal ini dimaksudkan agar bayangan dapat jatuh pada film. Adapun cahaya masuk diatur dengan diafragma dan shutter speed. Diafragma berfungsi sebagai lubang masuk cahaya, sedangkan, shutter speed/ kecepatan menutup berfungsi sebagai pengatur kecepatan lensa menutup. Pada kamera foto berwarna dilengkapi penyaring warna atau filter.

3. Lup (Kaca Pembesar)

Dari beberapa alat optik yang dibahas pada bab ini, lup merupakan alat yang paling sederhana. Sebab, lup berupa sebuah lensa positif. Jika kita mengamati benda dengan menggunakan lup, benda itu harus diletakkan antara titik pusat optik dengan titik apinya atau di ruang OF_2. Hal itu bertujuan agar bayangan yang terbentuk adalah diperbesar, maya, dan tegak.

Pada saat menggunakan lup, mata dapat dalam keadaan berakomodasi atau tanpa akomodasi. Untuk mata tanpa akomodasi biasanya digunakan ketika melihat benda dalam jangka waktu lama. Diagram pembentukan bayangan oleh sebuah lup ditunjukkan Gambar 18.29.

▲ Gambar 18.29 Melihat benda menggunakan lup dengan (berakomodasi, tanpa akomodasi)

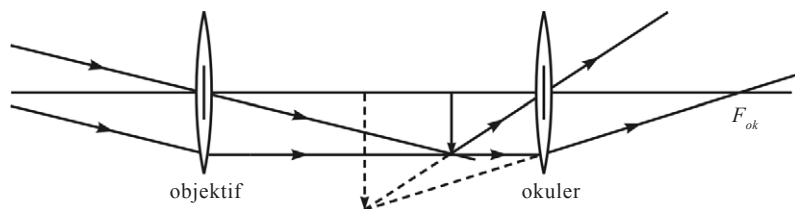
4. Mikroskop

Mikroskop adalah alat untuk melihat benda renik (*mikro* = kecil, *skope* = melihat). Alat ini terdiri atas dua lensa positif, yaitu sebagai lensa objektif dan sebagai lensa okuler. Objek yang diamati diletakkan di depan objektif diantara titik F_{ob} dan $2F_{ob}$ sehingga bayangan yang dibentuk berada di O sampai dengan F_{ok}. Jadi, bayangan akhir adalah maya, terbalik, dan diperbesar. Diagram pembentukan bayangan suatu benda oleh mikroskop ditunjukkan Gambar 18.30.

Jalan sinar pada mikroskop dengan mata tak berakomodasi

Jalan sinar pada mikroskop dengan mata berakomodasi maksimal

▲ Gambar 18.30 Mikroskop

Lensa-lensa objektif dan okuler dipasang di ujung-ujung tabung atau *tubus*. Biasanya mikroskop mempunyai tiga lensa objektif yang berbeda kekuatannya dan dipasang pada revolver. Benda yang diamati dengan mikroskop harus dibuat secara tipis dan tembus cahaya. Benda itu disebut preparat.

5. Teropong

Teropong (teleskop) adalah alat untuk mengamati benda-benda yang sangat jauh, misalnya untuk mengamati bintang. Teropong (teleskop) pertama kali dibuat oleh Galileo Galilei. Teropong ini dikenal dengan nama teropong panggung. Teropong terdiri atas dua lensa, yaitu lensa okuler dan lensa objektif. Lensa okuler terletak lebih dekat ke mata pengamat. Lensa objektif terletak lebih dekat ke objek yang diamati. Diagram pembentukan bayangan benda oleh teropong ditunjukkan Gambar 18.31.

▲ Gambar 18.31 Teleskop dan jalannya sinar pada teleskop

Pada dasarnya teropong dibedakan menjadi dua, yaitu untuk melihat benda di bumi dan untuk melihat benda di luar bumi (teropong bintang).

a. *Teropong Bintang* (Teropong Angkasa, Teropong Astronomi)

Teropong bintang ada dua macam, yaitu:

1) teropong bias, menggunakan dua lensa positif, satu lensa sebagai objektif dan satu lensa sebagai okuler, fokus objektif lebih besar daripada fokus okuler.
2) teropong pantul, menggunakan cermin cekung sebagai objektif dan lensa positif sebagai okuler.

Karena objek yang diamati jauh, maka bayangan yang dibentuk objektif akan jatuh di titik fokusnya dan kemudian dilihat dengan okuler sebagai lup. Jadi, bayangan akhir adalah maya dan terbalik.

b. *Teropong Bumi*

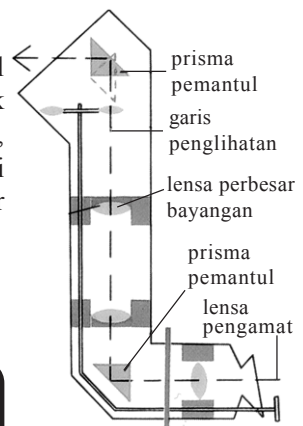
Teropong bumi ada dua macam, yaitu sebagai berikut.

1) Teropong yang menggunakan tiga lensa positif, yaitu Lensa objektif, lensa pembalik, dan lensa okuler. Karena objek yang diamati jauh, maka bayangan yang dibentuk objektif akan jatuh di titik fokusnya yang berimpit dengan titik $2f$ pembalik sehingga bayangan yang dibentuk pembalik juga tepat di titik $2f$ kemudian dilihat dengan okuler sebagai lup. Jadi, bayangan maya dan tegak. Teropong bumi dibuat untuk satu (monokuler). Contohnya teropong yang dipakai pada pelayaran.
2) Teropong prisma, menggunakan dua prisma siku-siku sama kaki yang dipasang bersilangan sebagai ganti lensa pembalik. Teropong prisma ini lebih pendek sehingga lebih praktis.

Sumber: *Ensiklopedi Iptek*. 2004

▲ Gambar 18.32 Teropong prisma

6. Periskop

Periskop merupakan teropong yang digunakan pada kapal selam. Periskop juga menggunakan prisma kaca sebagai pembalik bayangan. Benda yang jatuh dibentuk bayangan oleh lensa objektif, nyata, dan terbalik. Oleh prisma, bayangan tadi dibalik (atas menjadi bawah, dan kanan menjadi kiri), kemudian dilihat dengan okuler sebagai lup. Jadi, bayangan akhir maya dan tegak.

Sumber: *Ensiklopedi Iptek*. 2004

▲ Gambar 18.33 Periskop

Tugas Individu

Cobalah kamu merancang suatu model periskop sederhana. Gunakan cermin datar sebagai pengganti prisma

Rangkuman

1. Cahaya mempunyai arah merambat lurus.
2. Bayangan suatu benda dapat terjadi jika cahaya dipantulkan. Bayangan dapat bersifat nyata atau maya.
3. Cermin cekung bersifat konvergen, sedangkan cermin cembung bersifat divergen.
4. Rumus yang berlaku untuk cermin lengkung adalah $\frac{1}{f} = \frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i}$.
5. Sinar-sinar istimewa pada cermin, yaitu yang datang sejajar sumbu utama, melalui fokus, dan melalui pusat kelengkungan cermin.
6. Pembiasan terjadi karena perbedaan cepat rambat cahaya ketika memasuki dua medium yang berbeda.
7. Lensa cembung bersifat konvergen, sedangkan lensa cekung bersifat divergen.
8. Rumus yang berlaku untuk lensa, yaitu = $\frac{1}{f} = \frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i}$ dan $P = \frac{1}{f}$.
9. Sinar-sinar istimewa pada lensa, yaitu yang datang sejajar sumbu utama, menuju fokus kedua, dan menuju pusat lensa.
10. Alat optik digunakan untuk membantu penglihatan manusia. Prinsip kerja alat optik berdasarkan sifat-sifat cahaya.
11. Seseorang dapat mengalami cacat mata miopia, hipermetropia, dan presbiopia. Untuk mengatasi cacat tersebut digunakan kacamata berlensa negatif, positif, atau bifokal.

Refleksi

Apabila kamu sudah membaca isi bab ini dengan baik, seharusnya kamu sudah dapat mengerti tentang hal-hal berikut.

1. Sifat perambatan cahaya.
2. Proses terbentuknya bayangan benda pada mata.
3. Pemantulan cahaya pada cermin datar dan lengkung.
4. Pembiasan cahaya pada plan paralel dan lensa lengkung.
5. Prinsip kerja beberapa alat optik.

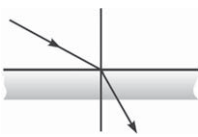
Apabila masih ada materi yang belum kamu pahami, tanyakan pada gurumu.

Glosarium

astigmatis	:	kelainan mata yang berupa ketidakmampuan membedakan garis mendatar dan vertikal secara bersamaan.
divergen	:	menyebarkan berkas sinar sejajar.
fokus utama	:	suatu titik tempat berkumpulnya berkas sinar sejajar atau titik seolah-oleh asal berkas sinar sejajar.
hipermetropia	:	kelainan penglihatan karena titik dekat mata menjauhi mata.
konvergen	:	memusatkan berkas sinar sejajar.
miopia	:	kelainan penglihatan karena titik jauh mendekati mata.
presbiopia	:	kelainan penglihatan karena titik dekat maupun titik jauh mata mulai berkurang.
punctum proksimum (titik dekat)	:	jarak terdekat yang masih dapat dilihat oleh mata secara berakomodasi maksimum.
punctum remotum (titik jauh)	:	jarak terjauh yang masih dapat dilihat oleh mata tanpa berakomodasi.

Uji Kompetensi

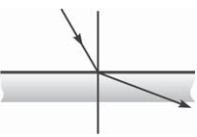
Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu.

A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

1. 1) Terjadinya gerhana matahari
   2) Terjadinya bayang-bayang benda
   3) Terjadinya gerhana bulan
   4) Terjadinya pelangi

   Dari pernyataan di atas yang membuktikan bahwa cahaya merambat lurus adalah nomor ....

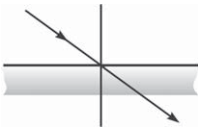
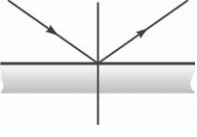
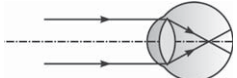
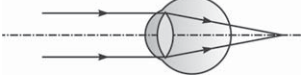
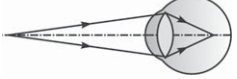
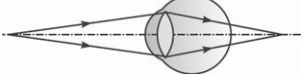
   a. 1,2, dan 3 c. 2 dan 4
   b. 1 dan 3 d. 4 saja

2. 1) Pemantulan pada permukaan tembok
   2) Pemantulan pada cermin
   3) Pemantulan pada permukaan kertas
   4) Pemantulan pada permukaan bulan

   Peristiwa di atas yang termasuk pemantulan baur adalah nomor ....

   a. 1, 2, dan 3
   b. 1, 2, dan 4
   c. 2, 3, dan 4
   d. 1, 3, dan 4

3. Bayangan dari sebuah benda nyata yang dibentuk oleh cermin datar bersifat...

   a. nyata, tegak, sama besar
   b. maya, tegak, sama besar
   c. nyata, terbalik, sama besar
   d. maya, terbalik, sama besar

4. Cermin cekung disebut cermin konvergen karena ....
   a. merupakan cermin positif
   b. merupakan cermin negatif
   c. bersifat mengumpulkan sinar
   d. bersifat menyebarkan sinar
5. Sinar datang sejajar sumbu utama cermin cekung dipantulkan ....
   a. melalui pusat kelengkungan cermin
   b. melalui fokus cermin
   c. seolah-olah dari titik fokus cermin
   d. seolah-olah dari pusat kelengkungan cermin
6. Benda yang terletak di antara titik O dan F cermin cekung mempunyai bayangan yang bersifat ....
   a. nyata, tegak, diperbesar
   b. nyata, terbalik, diperkecil
   c. maya, tegak, diperbesar
   d. maya, terbalik, diperkecil
7. Sebuah benda terletak pada jarak 60 cm di depan cermin cekung yang jarak fokusnya 40 cm. Jarak bayangan benda tersebut adalah ....
   a. 12 cm c. 100 cm
   b. 20 cm d. 120 cm
8. Benda yang berada di depan cermin cembung mempunyai bayangan yang bersifat ....
   a. nyata, tegak, diperkecil
   b. nyata, terbalik, diperbesar
   c. maya, tegak, diperkecil
   d. maya, tegak, diperbesar
9. Salah satu kegunaan cermin cembung adalah ....
   a. sebagai spion kendaraan
   b. sebagai reflektor lampu kendaraan
   c. sebagai objektif teropong
   d. sebagai objektif kamera
10. Sinar istimewa pada cermin cembung yang benar adalah ....
   a. sinar sejajar sumbu utama, dipantulkan melewati fokus
   b. sinar datang melalui fokus, dipantulkan sejajar sumbu utama
   c. sinar datang menuju fokus, dipantulkan sejajar sumbu utama
   d. sinar datang menuju pusat bidang cermin dipantulkan kembali
11. Peristiwa pembelokan arah rambat cahaya karena melewati dua medium yang berbeda kerapatan optiknya disebut ....
   a. pemantulan cahaya
   b. dispersi cahaya
   c. pembiasan cahaya
   d. refleksi cahaya
12. Arah rambat cahaya pada pembiasan berikut yang benar adalah ....

13. Bagian kamera yang berfungsi untuk menangkap bayangan adalah ....
   a. lensa c. diafragma
   b. film d. aperture
14. Benda yang dipotret menggunakan kamera harus terletak di ... lensa objektif kamera.
   a. depan 2 *F*
   b. antara *F* dan 2 *F*
   c. antara O dan *F*
   d. antara O dan 2 *F*
15. Bagian mata yang berfungsi, seperti film pada kamera adalah ....
   a. lensa mata c. iris
   b. pupil d. retina
16. Bagian mata yang berfungsi untuk mengatur cahaya yang masuk pada mata adalah ....
   a. pupil c. kornea
   b. iris d. lensa mata

17. Titik terdekat yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh mata disebut ....
    a. miopia
    b. hipermetropia
    c. punctum remotum
    d. punctum proksimum
18. Pada saat berakomodasi maksimum, lensa mata dalam keadaan paling ....
    a. pipih c. cekung
    b. cembung d. tipis
19. Cacat mata yang pada saat melihat benda yang jauh bayangannya jatuh di depan retina dan saat melihat dekat bayangan jatuh pada retina adalah ....
    a. miopia c. presbiopia
    b. hipermetropi d. emetropia
20. Gambar berikut yang menunjukkan cacat mata hipermetropia adalah ....

21. Seorang anak tidak dapat melihat benda yang jaraknya lebih jauh dari 4 m. Agar dapat melihat, seperti mata normal harus menggunakan lensa kacamata berkekuatan ....
    a. 3,75 dioptri c. 0,25 dioptri
    b. –3,75 dioptri d. –0,25 dioptri
22. Bayangan yang dibentuk oleh lup bersifat ....
    a. maya, tegak, diperbesar
    b. maya, terbalik, diperbesar
    c. nyata, tegak, diperbesar
    d. nyata, terbalik, diperbesar
23. Mikroskop menggunakan dua lensa, yaitu ....
    a. lensa cembung sebagai objektif, lensa cembung sebagai okuler
    b. lensa cembung sebagai objektif, lensa cekung sebagai okuler
    c. lensa cekung sebagai objektif, lensa cembung sebagai okuler
    d. lensa cekung sebagai objektif, lensa cekung sebagai okuler
24. Bayangan akhir yang dibentuk oleh mikroskop bersifat ....
    a. nyata, terbalik, diperbesar
    b. nyata, tegak, diperbesar
    c. maya, terbalik, diperbesar
    d. maya, tegak, diperkecil
25. Teropong yang digunakan pada kapal selam adalah ....
    a. teropong panggung
    b. teropong bumi
    c. teropong medan
    d. periskop

B. Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Bagaimanakah arah rambat cahaya?
2. Apakah syarat agar benda dapat dilihat?
3. Sebuah cermin cekung dengan jari-jari kelengkungan 20 cm memantulkan sinar sebuah benda yang berjarak 30 cm. Berapakah jarak bayangan ke cermin?
4. Di manakah suatu benda harus diletakkan di muka cermin cekung (f =10 cm), agar diperoleh bayangan nyata dengan perbesaran 5 kali?
5. Bayangan sebuah benda terjadi 30 cm dari cermin cekung yang berjari-jari 20 cm. Di manakah benda tersebut diletakkan?

6. Apa yang dimaksud dengan pembiasan cahaya, serta apa penyebab terjadinya?
7. Apakah yang dimaksud fokus utama pada lensa cembung dan cekung?
8. Sebuah benda terletak 6 cm di depan lensa cembung yang mempunyai fokus 15 cm. Tentukan letak bayangan dan sifatnya.
9. Jelaskan apa yang dimaksud cacat mata rabun jauh. Apa sebabnya dan bagaimana mengatasinya?
10. Jelaskan perbedaan antara teropong bintang dan teropong bumi.

Daftar Pustaka

Antonio dan Miguel. 2002. *Biologia Y Geologia.* Oxford University Press: New York.

Brady, James E. 1999. *Kimia Universitas*. Jakarta: Binarupa Aksara.

Brady, James E. and Halum, John R. 1988. *Fundamentals of Chemistry*. New York: John Wiley dan Sons, Inc.

Clegg, C.J. dan DG. Mackean. 2000. *Advanced BIOLOGY Principle and Applications.* John Murray (Publishers) Ltd: London.

Duncan, Tom. 2002. *Physics*. London: John Murray (Publisher) Ltd.

Frederick J, Buche. 1995. *Principles of Physics*. New York: Mc Graw Hill, Inc.

Gater, S dan V Wood-Robinson. 1996. *GCSE Science Double Award Biology.* John Murray (Publishers) Ltd: London.

Gerd Boysen, Kiel. et al. 1994. *Physic Fur Gymnasion*. Berlin: Cornelsen Verlag.

Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.

Halliday, Resnick. 1994. *Fisika Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.

Keenan, C.W. Kleinfelter, D.C, Wood, J.H, 205. *Kimia untuk Universitas*. Jakarta: Erlangga.

Mackean, DG. 2002. IGCSE *Biology.* John Murray (Publishers) Ltd: London.

Mawby, Peter dan Michael Roberts. 1996. *Biology.* Singapore: Longman Singapore Publisher Pte Ltd.

Nasir, Moh. 1999. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia

Riduawan. 2003. *Skala Pengukuran Variabel-Variabel*. Penelitian. Bandung: Alfabeta.

Solomon, dkk. 1993. *Biology Third Edition.* Saunders College Publishing: Florida.

Stuart, Arabella dan Stephen Webster. 1996. *Biology.* London: Heineman Educational Publishers.

Tipler, Paul A. 1998. *Fisika*. Jakarta: Erlangga.

Torrance, James. 2001. *Standart Grade Biology.* Third Edition, Hodder & Stoughton Educational Scotland: London.

Wallace, Robert A. 1992. *Biology The World of Life.* Harpercollins Publishers Inc.

Young, Hugh. D. 2002. *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga.

Kunci Jawaban Soal-soal Terpilih

Bab 1

A.
1. c
3. a
5. b
7. a
9. d

Bab 2

A.
1. b
3. d
5. a
7. a
9. d
11. c
13. d
15. a

Bab 3

A.
1. c
3. d
5. a
7. d
9. b
11. b
13. a
15. c

Bab 4

A.
1. b
3. b
5. a
7. c
9. b
11. b
13. d
15. b
17. d
19. c

Bab 5

A.
1. c
3. a
5. a
7. a
9. a
11. d
13. c
15. c
17. a
19. a

Bab 6

A.
1. b
3. d
5. a
7. b
9. d
11. d
13. a
15. c

Bab 7

A.	1. a	9. a
	3. c	11. c
	5. c	13. b
	7. c	15. a

Bab 8

A.	1. b	9. a
	3. c	11. a
	5. a	13. a
	7. d	15. d

Bab 9

A.	1. a	11. a
	3. b	13. c
	5. d	15. c
	7. d	
	9. d	

Bab 10

A.	1. c	11. c
	3. b	13. b
	5. d	15. d
	7. b	17. b
	9. a	19. d

Bab 11

A.	1. b	9. a
	3. c	
	5. b	
	7. d	

Bab 12

A.	1. c	9. b
	3. b	11. c
	5. d	13. a
	7. b	15. c

Bab 13

A. 1. d 9. b
3. b 11. b
5. a 13. a
7. b 15. d

B. 4. F_R = 110 N searah dengan F_1, F_2, dan F_4.
7. a. a = 0,5 ms^{-2}
b. F = 30 N
10. w = 120 N

Bab 14

A. 1. a 11. c
3. c 13. a
5. c 15. d
7. c 17. c
9. b 19. c

B. 4. EP = 300 joule.
7. a. w = 300 joule.
b. w = 100 joule, searah F_1
4. a. F = 50 N
b. KM = 4
5. F = 500 N

Bab 15

A. 1. b 9. a
3. c 11. c
5. d 13. d
7. d 15. b

B. 1. F = 16 N.
4. $p = 1,62 = 1,62 \times 10^6$ Nm^{-2}
5. F = 1 atm

Bab 16

A. 1. c 11. a
3. d 13. a
5. d 15. a
7. a 17. c
9. a 19. a

B. 1. f = 0,2 Hz

7. v = 1.440 ms^{-1}
8. λ = 0,2 m
9. T = 0,02 s; f = 50 Hz
10. λ = 0,25 m

Bab 17

A.
1. a
3. b
5. b
7. b
9. a
11. b
13. b
15. c
17. a
19. d

B.
3. t = 2,5 s
4. s = 990 m

Bab 18

A.
1. a
3. b
5. b
7. d
9. b
11. c
13. b
15. c
17. a
19. d
21. d
23. a
25. d

B.
3. s_o = 1,5 cm
4. s_o = 12 cm
5. s_o = 15 cm
8. s_i = -10 cm; maya, tegak, dan diperbesar.

Indeks